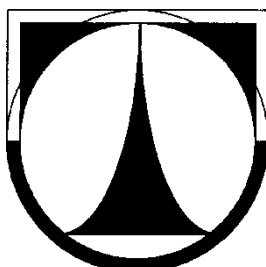


# TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

## FAKULTA STROJNÍ

Katedra vozidel a motorů



Obor 2302R022

Stroje a zařízení

Zaměření:

Dopravní stroje a zařízení

## OSOBNÍ AUTOMOBIL S MOTOREM NA ZEMNÍ PLYN

## PASSENGER CAR WITH THE ENGINE ON CNG

### Bakalářská práce

KVM – BP - 272

Autor:

Jan Kruliš

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Josef Laurin, CSc., TU v Liberci

Konzultant diplomové práce:

Ing. Aleš Dittrich, TU v Liberci

#### **Rozsah práce a příloh:**

Počet stran: 56

Počet tabulek: 7

Počet příloh: 2

Počet obrázků: 45

Počet výkresů: 4

**Květen 2013**

Místo pro originální zadání BP



## **Prohlášení k využívání výsledků bakalářské práce**

Byl(a) jsem seznámen(a) s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom(a) povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

V ..... dne .....

.....  
podpis

## Poděkování

Tímto chci poděkovat všem, kteří mi jakýmkoliv způsobem pomohli či přispěli k vypracování této bakalářské práce. Zvláště děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Josefu Laurinovi, dále firmě Škoda Auto za poskytnuté materiály. V neposlední řadě chci poděkovat Janu Horákovi, Michalu Říčanovi a Lukáši Procházce za pomoc a podporu při tvorbě práce. Mé díky patří také mým rodičům a sourozencům, bez jejichž podpory by tato práce nemohla vzniknout.

## **Anotace**

Bakalářská práce obsahuje řešení přestavby osobního automobilu Škoda Roomster s benzinovým motorem 1.2 HTP na pohon stlačeným zemním plynem. Obecně se zabývá úpravou vozidla pro provoz na CNG. Především je práce zaměřena na výběr vhodnější koncepce palivového systému pro automobil Roomster, volbu vhodného CNG systému a jeho zástavbou do vozu. Dále se zabývá úpravou samotného motoru a sacího potrubí. Nakonec byly zpracovány předpokládané provozní parametry automobilu.

### **Klíčová slova:**

CNG systém, Škoda Roomster, vefukovač, úprava pístů.

### **Annotation:**

This Bachelor thesis deals with conversion a gasoline engine 1.2 HTP into a power gas engine at private car Škoda Roomster. It describes conversion of car with gas power engine using CNG system. Thesis talks about better conception of fuel system for Roomster car, CNG system selection and its instalation into a car. Moreover it explains engine adjustment and draft tube adjustment. At the end of the thesis the supposed operation parameters of the car are compiled.

### **Key words:**

CNG system, Škoda Roomster, injector, pistons conversion.

## Obsah

<b>Prohlášení k využívání výsledků diplomové práce .....</b>	<b>3 -</b>
<b>Poděkování .....</b>	<b>4 -</b>
<b>Anotace .....</b>	<b>5 -</b>
<b>Obsah .....</b>	<b>6 -</b>
<b>Seznam použitých zkratk a symbolů.....</b>	<b>8 -</b>
<b>1 Úvod .....</b>	<b>9 -</b>
<b>2 Podmínky přestaveb automobilů s benzinovými motory na pohon CNG.....</b>	<b>10 -</b>
2.1 Obecné informace o CNG .....	10 -
2.1.1 Chemické složení.....	10 -
2.1.2 Výhody vůči ropným palivům.....	11 -
2.1.3 Nevýhody oproti ropným palivům .....	12 -
2.2 Přestavba automobilu na pohon CNG .....	13 -
2.3 Předpis EHK 110.....	13 -
2.3.1 Výběr z EHK 110 .....	14 -
<b>3 Způsoby přestaveb automobilů s benzinovými motory na pohon CNG .....</b>	<b>15 -</b>
3.1 Monovalentní koncepce palivových systémů.....	15 -
3.2 Bivalentní koncepce palivových systémů .....	15 -
3.3 Palivové příslušenství CNG .....	15 -
3.3.1 Výrobci CNG příslušenství .....	16 -
3.3.2 CNG systémy se směšovačem.....	16 -
3.3.3 Systémy vefukování CNG pro motory se vstřikováním paliva.....	19 -
<b>4 Osobní automobily s motory na CNG .....</b>	<b>22 -</b>
4.1 Analýza současného trhu sériových vozidel CNG .....	22 -
4.1.1 Škoda .....	22 -
4.1.2 Volkswagen .....	23 -
4.1.3 Ford.....	26 -
4.1.4 Mercedes-Benz .....	27 -
4.1.5 Citroën .....	28 -
4.1.6 Fiat .....	28 -
4.1.7 Opel .....	30 -

4.1.8 Peugeot .....	- 31 -
4.1.9 Renault.....	- 31 -
4.1.10 Volvo .....	- 32 -
4.2 Shrnutí výsledků trhu CNG vozidel .....	- 32 -
<b>5 Škoda Roomster .....</b>	<b>- 33 -</b>
5.1 Rozměry a technické parametry vozu .....	- 33 -
5.2 Dodávané motorizace .....	- 34 -
5.2.1 Zážehový motor 1,2 l / 47 kW .....	- 34 -
<b>6 Projekt přestavby Škody Roomster .....</b>	<b>- 37 -</b>
6.1 Návrh koncepce palivového systému .....	- 37 -
6.2 Úprava motoru pro pohon na CNG .....	- 37 -
6.3 Úprava zástavby pro verzi CNG.....	- 38 -
6.4 Plynové palivové komponenty .....	- 40 -
6.4.1 Tlakové nádrže .....	- 40 -
6.4.2 Plynový palivový systém.....	- 41 -
6.5 Zástavba plynového palivového systému .....	- 46 -
6.6 Benzinové palivové komponenty .....	- 49 -
6.7 Zástavba palivové soustavy .....	- 50 -
<b>7 Očekávané provozní parametry .....</b>	<b>- 51 -</b>
7.1 Hmotnostní parametry vozu .....	- 51 -
7.1.1 Přepočet hmotností na verzi CNG .....	- 51 -
7.2 Výkonové parametry vozu .....	- 52 -
7.3 Spotřeba paliva a dojezd.....	- 53 -
7.4 Očekávané parametry vozu Škoda Roomster .....	- 54 -
<b>8 Závěr .....</b>	<b>- 55 -</b>
<b>Literatura .....</b>	<b>- 56 -</b>

## Seznam použitých zkratek a symbolů

### Zkratky:

CNG ..... Compressed Natural Gas – stlačený zemní plyn,

EHK ..... Evropská Hospodářská Komise,

LNG ..... Liquefied Natural Gas – zkapalněný zemní plyn,

### Symbols:

$\varepsilon$  ..... kompresní poměr [-],

$V_V$  ..... zdvihový objem válce [ $\text{dm}^3$ ]

$V_{SP}$  ..... objem spalovacího prostoru [ $\text{dm}^3$ ]

$\alpha$  ..... poměr spotřeby plyn / benzin [-],

$\lambda$  ..... součinitel přebytku vzduchu [-],

$\rho$  ..... měrná hmotnost [ $\text{kg/m}^3$ ],

$A_T$  ..... teoretická spotřeba vzduchu [ $\text{kg}_{vzd}/\text{kg}_{pal}$ ],

$H_L$  ..... dolní hranice výhřevnosti paliva [ $\text{MJ/kg}$ ],

$L$  ..... spotřeba paliva [ $\text{l/km}$ ,  $\text{kg/km}$ ],

$m$  ..... hmotnosti jednotlivých komponentů [ $\text{kg}$ ],

$p_e$  ..... střední efektivní tlak ve válci motoru [ $\text{Pa}$ ],

$p_{TL}$  ..... tlak v nádržích [ $\text{Pa}$ ],

$P_m$  ..... max. výkon motoru [ $\text{kW}$ ],

$r$  ..... individuální plynová konstanta [ $\text{J/kgK}$ ],

$S$  ..... dojezd automobilu [ $\text{km}$ ],

$T_{DÚ}$  ..... teplota náplně válce na konci plnění [ $^{\circ}\text{C}$ ],

$V$  ..... objem palivové nádrže [ $\text{l}$ ].



## 1 Úvod

Automobil patří k nejdůležitějším vynálezům na světě. Nikdo z nás by si už bez něj život nedokázal představit, na dopravě je závislé v podstatě vše.

Aktuální trendem v automobilovém průmyslu je hledat nová paliva, která by nahradila paliva z ropy. Tento trend má více důvodů. Jedním z důvodů je to, že ropa patří k neobnovitelným zdrojům, její světové zásoby pomalu ubývají a je jen otázkou času, kdy bude ropa zcela vyčerpána. Tato doba se velmi rychle blíží a není možno čekat, než nás bude nedostatek ropy přímo ohrožovat. Nová alternativní paliva musí procházet složitým rozsáhlým vývojem a testováním, než budou moci plnohodnotně nahradit ropná paliva. Dalším hlavním důvodem hledání nových paliv je ekologie. Hledají se ekologičtější varianty, než spalování ropných paliv. Automobilů je na světě tolik, že patří mezi hlavní činitele znečišťování životního prostředí a cílem alternativních paliv je, aby tomu už tak nadále nebylo. Výrobci automobilů se věnují tomu, jakým palivem automobil pohánět. Existuje celá řada plyných i kapalných paliv, ale dnes ještě nedokážeme určit, které palivo bude palivem budoucnosti a zdali si vybuduje tak silnou pozici jako ropa.

Dnes řeší řada automobilek problém, čím nahradit benzin či naftu s co nejmenšími náklady na úpravu benzinových a naftových motorů, aby bylo dosaženo obdobných výkonů a co nejmenších škodlivých emisí. Právě takovou přestavbou se zabývá tato bakalářská práce. Jedná se o přestavbu na pohon zemním plynem CNG.

Úkolem této práce je provést průzkum trhu CNG vozidel, jeho vyhodnocení, dále porovnání kladů a záporů monovalentní a bivalentní koncepce a na základě toho zvolit výhodnější koncepci a provést přestavbu vozu Škoda Roomster 1.2 HTP. Následně provést patřičné úpravy pro zástavbu tlakových nádrží a příslušenství. Dále se budu podrobněji zabývat úpravou motoru a volbou systému od firmy M. T. M. BRC Gas Equipment. Nakonec budou určeny provozní a výkonové parametry upravené verze vozidla.

## 2 Podmínky přestaveb automobilů s benzinovými motory na pohon CNG

### 2.1 Obecné informace o CNG

CNG je vlastně zkratkou anglického výrazu compressed natural gas, což znamená stlačený zemní plyn. Při použití jako palivo pro pohon motorových vozidel je zemní plyn stlačován na vysoký tlak a v této formě je také skladován v tlakových nádobách na vozidle. Zemní plyn lze využívat i ve zkapalněné formě, poté mluvíme o LNG.

#### 2.1.1 Chemické složení

Zemní plyn je látka nejedovatá, bez barvy a zápachu. Jedná se v podstatě o směs plynných uhlovodíků, jejíž hlavní a největší složkou je metan  $\text{CH}_4$ . Složení zemního plynu se liší podle místa těžby, jak je uvedeno v tabulce 2.1. Širší fyzikální a chemické vlastnosti v porovnání s ropnými palivy jsou uvedeny v tabulce 2.2.

Tab. 2.1 Chemické složení zemního plynu podle místa těžby [4]

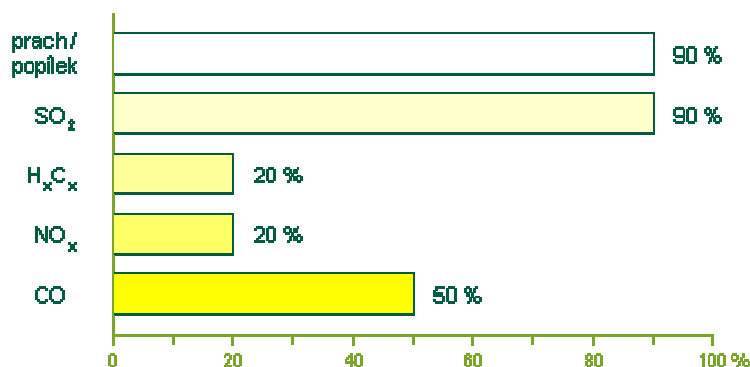
	Jednotka	Ruský	Norský	Nizozemský
<b>Metan</b>	% obj.	98,3	84,4	82,6
<b>Etan</b>	% obj.	0,51	8,85	3,45
<b>Propan</b>	% obj.	0,15	3,17	0,74
<b>Butan</b>	% obj.	0,03	0,65	0,16
<b>i- Butan</b>	% obj.	0,02	0,34	0,1
<b>Vyšší uhlovodíky</b>	% obj.	0,08	0,25	0,18
<b>H<sub>2</sub></b>	% obj.	-	0,002	-
<b>N<sub>2</sub></b>	% obj.	0,84	0,42	11,69
<b>CO<sub>2</sub></b>	% obj.	0,07	1,92	1,08

Tab. 2.2 Porovnání fyzikálních vlastností a chemického složení benzinu, nafty a CNG [6]

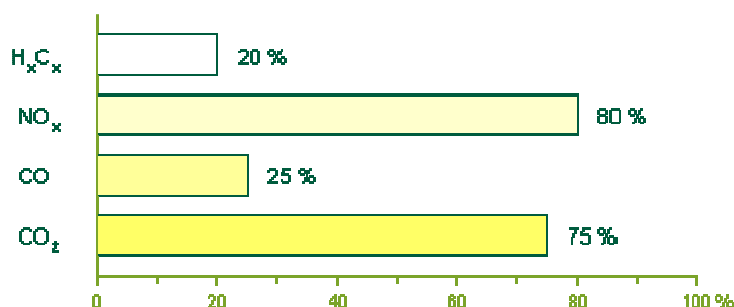
Vlastnost	benzin	nafta	CNG
chemická formulace	$C_xH_{1,8x}$	$C_xH_{1,9x}$	$CH_4$
převažující uhlovodíky	$C_4$ až $C_{10}$	$C_{10}$ až $C_{22}$	$CH_4$
hustota ( $kg/m^3/15^\circ C$ )	720 - 775	800 - 845	800
výhřevnost (MJ/kg)	42 - 43,5	42,5	50
teplota vznícení ( $^\circ C$ )	450	250	650
oktanové číslo (cetanové číslo)	91 - 100	(nad 51)	130
výparné teplo (kJ/kg)	290	180	555
bod varu ( $^\circ C$ )	30 - 210	160 - 360	-162
bod tuhnutí ( $^\circ C$ )	pod -45	0 až -32	-183
obsah uhlíku (%)	85,5	86	74,25
obsah kyslíku (%)	až 2,7	až 0,6	0

### 2.1.2 Výhody CNG vůči ropným palivům

Ekologické výhody zemního plynu v dopravě jsou jednoznačné, vyplývají z jeho složení, především poměru atomů uhlíku a vodíku v molekule. Vozidla na zemní plyn produkují výrazně méně škodlivin než vozidla s klasickým pohonem, a to nejen dnes sledovaných škodlivin – oxidů dusíku, oxidu uhelnatého, uhličitého, pevných částic, ale také karcinogenních látek – polyaromatických uhlovodíků, aldehydů, aromatů včetně benzenu. Rovněž vliv na skleníkový efekt je u vozidel na zemní plyn menší v porovnání s benzínem či naftou. Oproti benzínu zemní plyn nabízí potenciál 20–25 % snížení emisí  $CO_2$ . Snížení emisí oproti klasickým palivům je vyobrazeno na obrázcích 2.1 a 2.2.



Obr. 2.1 Snížení emisí (g/km) u osobních vozidel s pohonem na zemní plyn a naftu (100 %) [7]



Obr. 2.2 Snížení emisí (g/km) u osobních vozidel s pohonem na zemní plyn a benzín (100 %) [7]

Další výhodou je významná úspora na provozních nákladech. CNG je vůbec nejlevnější pohonnou hmotou, navíc je dlouhodobě garantována z důvodu minimální výše spotřební daně (tj. podle zákona o spotřebních daních). Cena CNG vč. DPH se pohybuje okolo 23 až 25 Kč/kg což odpovídá 16,50 až 17,80 Kč/m<sup>3</sup> – což je ekvivalent 1 litru benzínu. Jinak řečeno při spotřebě 8 litrů benzínu na 100 km je spotřeba CNG 8 m<sup>3</sup> na 100 km, výsledkem jsou potom náklady cca 1,20 – 1,30 Kč/km. V případě přeplňovaných motorů TSI jsou při nižší spotřebě dokonce náklady 1 Kč/km. Pro vozy CNG od r. 2009 dále platí nulová sazba silniční daně.

Vozidla na zemní plyn jsou bezpečnější než vozidla používající klasická kapalná paliva. Tento fakt vyplývá z fyzikálních vlastností i ze zkušeností z dlouhodobého provozu. Zemní plyn má nižší hustotu než vzduch, volně se rozptýluje, má vyšší zápalnou teplotu než benzin. Tlakové lahve jsou také velice pevnostně odolné.

Další výhodou zemního plynu je jeho vysoké oktanové číslo (cca 130), které příznivým způsobem ovlivňuje klepání motoru.

### 2.1.3 Nevýhody CNG oproti ropným palivům

Podstatným záporem zemního plynu je jeho neobnovitelnost. V tomto případě se řadí k ropným produktům benzínu a naftě, mezi tzv. fosilní paliva. Dnes už ale za zemní plyn existuje plnohodnotná náhrada a to je tzv. biometan, který se vyrábí očištěním bioplynu od nežádoucích látek. Biometan je svým složením téměř identický se zemním plynem CNG, rozdíl je pouze ve způsobu vzniku. Vozidla vybavená k provozu na CNG díky tomu mohou automaticky tankovat i očištěný bioplyn.

Mezi nevýhody můžeme také zařadit nedostatečnou infrastrukturu, zejména se jedná o menší počet plnicích stanic, a to hlavně v ČR. Aktuálně se v ČR nachází přibližně 50 plnicích stanic. Síť čerpacích stanic se ale postupně rozrůstá, na základě dohody plynárenské společnosti s vládou ČR by mělo dojít k výstavbě 100 plnicích stanic. V Evropě je tento stav o něco lepší. Například v Německu přesahuje počet plnicích stanic číslo 800. Za další silné evropské země lze považovat Francii a Itálii, která byla první zemí na světě využívající zemní plyn jako pohonnou hmotu. Celosvětově mají nejhustší síť plnicích stanic Argentina, Brazílie a Pákistán.

Další nevýhodou je vyšší pořizovací cena. Zvláště pak u automobilů, které podstupují celkem nákladnou přestavbu na pohon CNG, je návratnost investice pomalá. Finančně výhodnější je koupit nový automobil uzpůsobený na pohon zemním plynem již z výroby.

K záporům patří také nárůst celkové hmotnosti a s tím také snížení povolené užitečné hmotnosti, které je zapříčiněno montáží tlakových zásobníků CNG.

Dále se pak uvádí pokles výkonu motoru o 5 až 10 % a také menší dojezd, což je dané tím, že 1 kg CNG zaujme při daném tlaku objem o velikosti 1,4 m<sup>3</sup>. To znamená, že na jeden tlakový zásobník o objemu 70 litrů automobil ujede přibližně 200 až 250 kilometrů, podle typu vozidla [6].

## **2.2 Přestavba automobilu na pohon CNG**

Pokud se rozhodneme, že bychom chtěli používat ve svém voze jako palivo CNG, máme na výběr 2 možnosti. První variantou je koupit si sériově vyráběný automobil na CNG od výrobce nebo předchozího majitele. Druhou variantou je nechat si svůj automobil pro provoz na CNG přizpůsobit od specializované firmy, která provede kompletní montáž a zástavbu všech prvků. V tomto případě dojde ke snížení objemu zavazadlového prostoru, kde se ve většině případů nachází tlakový zásobník. Dále je nutno do automobilu zastavět veškerá plynová vedení, tj. plnicí systém s vedením do tlakových nádrží a také vedení z tlakových nádrží do spalovacího prostoru. Nutností je také montáž rezervní nádrže s benzinem, který je zapotřebí ke startování vozu, a také montáž přepínače mezi benzinem a CNG.

U sériově vyráběných automobilů na CNG se tlakové zásobníky často umísťují na podvozek místo stávající benzinové nádrže a rezervního kola, které podle nové legislativy už na automobilu z výroby být nemusí. Poté je automobil vybaven sadou na opravu případného defektu pneumatiky.

## **2.3 Předpis EHK 110**

Pro výrobu a přestavbu automobilů na CNG je stanoven předpis EHK 110, která obsahuje jednotná ustanovení pro homologaci motorových vozidel používajících stlačený zemní plyn ve svém pohonném systému.

### 2.3.1 Výběr z EHK 110

Obecné požadavky [2]:

- Systém CNG nesmí vykazovat žádné netěsnosti, tj. musí zůstat bez bublin po dobu 3 minut.
- K systému CNG nesmí být připojena žádná zařízení kromě těch, která jsou naprosto nezbytná pro správné fungování motoru motorového vozidla.

Pevná a ohebná palivová vedení:

- Pevná palivová vedení musí být vyrobena z bezešvého materiálu: buď z nerezavějící oceli, nebo z oceli s povrchovou úpravou odolnou proti korozi.
- V bodě upevnění musí být ohebná i pevná palivová vedení upevněna tak, aby nedocházelo ke kontaktu kovu s kovem.

Směšovač plyn/vzduch nebo vefukovač [2]:

- Materiál, z něhož se skládá směšovač plyn/vzduch nebo vstřikovač a který je v kontaktu s CNG, musí být slučitelný s CNG.
- Směšovač plyn/vzduch nebo vstřikovač třídy 2 musí odolávat tlaku rovnému dvojnásobku pracovního tlaku.
- Směšovač plyn/vzduch nebo vstřikovač třídy 2 nesmí vykazovat únik při tlaku rovnému dvojnásobku pracovního tlaku.
- Elektricky ovládané součásti, které obsahují CNG, musí splňovat tyto požadavky: 1) musí mít samostatné uzemnění; 2) elektrický systém musí být izolován od tělesa součásti; 3) vstřikovač musí být v uzavřené poloze, když je elektrický proud vypnut.

Montáž CNG nádrže [2]:

- Nádrž musí být pevně namontována ve vozidle a nesmí být umístěna v motorovém prostoru.
- Nádrž musí být montována s vyloučením dotyku kov na kov, s výjimkou připevňovacích bodů nádrže/í.
- Palivová nádrž nesmí být montována níže než 200 mm nad povrchem vozovky při pohotovostním zatížení vozidla. Toto neplatí v případě, že nádrž je dostatečně chráněná zepředu a po stranách a žádná část nádrže není umístěna níže než její ochranný systém.

## **3 Způsoby přestaveb automobilů s benzinovými motory na pohon CNG**

### **3.1 Monovalentní koncepce palivových systémů**

Monovalentním palivovým systémem se rozumí jednopalivový systém, který v tomto případě pracuje se zemním plynem. Automobily s tímto systémem mohou být vybaveny dle normy EHK 83 malou benzinovou nádrží o maximálním objemu 15 litrů, určenou pro rozjezdy a případný nouzový provoz. Tlakové láhve jsou umístěny místo originální benzinové nádrže, tím pádem není omezen zavazadlový prostor. Nevýhodou je nižší dojezd automobilu, přibližně 200 – 300 kilometrů. Při dnešní nízké hustotě plnicích stanic je obtížné s takovýmto automobilem jezdit dlouhé trasy, proto se monovalentní automobily budou používat spíše k jízdě po městě.

### **3.2 Bivalentní koncepce palivových systémů**

Bivalentní palivový systém je systém dvoupalivový. Automobily s tímto systémem mohou být podle předpisů poháněny po určitou dobu zemním plynem a po určitou dobu benzinem. Řidič si sám zvolí, na jaké palivo pojedje pomocí přepínače na přístrojové desce. Zde musí mít benzinová nádrž objem větší než 15 litrů. Ve většině případů je zde zachována původní benzinová nádrž, a proto se musí tlakové láhve umístit na jiné místo, např. do zavazadlového prostoru, čímž dojde ke snížení užité hmotnosti automobilu. Velkou výhodou oproti monovalentním automobilům je větší dojezd. Při zachování originální benzinové nádrže je dojezd vyšší než u automobilu se samotnou benzinovou nádrží. Takový automobil lze využít při dnešní hustotě plnicích stanic i k delším cestám.

### **3.3 Palivové příslušenství CNG**

Zemní plyn je na automobilu skladován v tlakových láhvích, nejčastěji pod tlakem 20 MPa. Tlakové láhve musí být do vozidla instalovány tak, aby splňovaly všechny parametry, které stanovuje výše zmíněná norma EHK 110. Z tohoto hlediska je patrné, že tlakové láhve na CNG jsou mnohem bezpečnější než nádrže benzinové, které se při nehodě mnohem snáze poškodí. Tlakové láhve dokážou odolat nárazu při nehodě. Jsou vybaveny mnoha bezpečnostními prvky. V případě havárie pojistné ventily znemožní únik zemního plynu z tlakové láhve do okolí. Stejně tak tavná pojistka při požáru zabrání úniku zemního plynu a zamezí tak explozi. Tlakové láhve se vyrábějí z oceli nebo kompozitních materiálů, které jsou mnohem lehčí, ale také dražší. V České republice existuje pouze jedna firma, která vyrábí tlakové láhve, a to Vítkovice Cylinders a.s. V zahraničí existuje několik firem, které se výrobou tlakových nádrží na CNG také zabývají. Největším evropským producentem je italská firma Faber Industrie

S. p. A. Mezi významné mimoevropské výrobce patří kanadská firma Dynetek a firma z USA Lincoln Composites.



*Obr. 3.1 Tlaková nádrž [12]*

Palivové příslušenství se liší podle použitého CNG systému. Jsou dva základní druhy CNG systémů, a to systémy se směšovačem zemního plynu a vzduchu a systémy s vefukováním zemního plynu pomocí elektromagnetických ventilů. Většina součástí obou systémů je velmi podobná. Jde hlavně o plnicí ventily, do kterých se připojuje tankovací pistole. Tyto ventily přivádějí plyn vysokotlakým potrubím do tlakových láhví. Dále potom pojistné ventily na jednotlivých láhvích, které řídí odběr plynu a hlídají maximální povolený tlak v soustavě. Potom jsou to také elektromagnetické ventily, které otevírají nebo zavírají přívod plynu k motoru podle volby pohonu benzin/CNG a v neposlední řadě regulační ventily, které regulují (redukují) tlak plynu na vstupu do motoru. V soustavě až k regulačním ventilům se nachází plyn o maximálním tlaku, od regulačních ventilů k motoru jde dále plyn o tlaku v řádu několika barů.

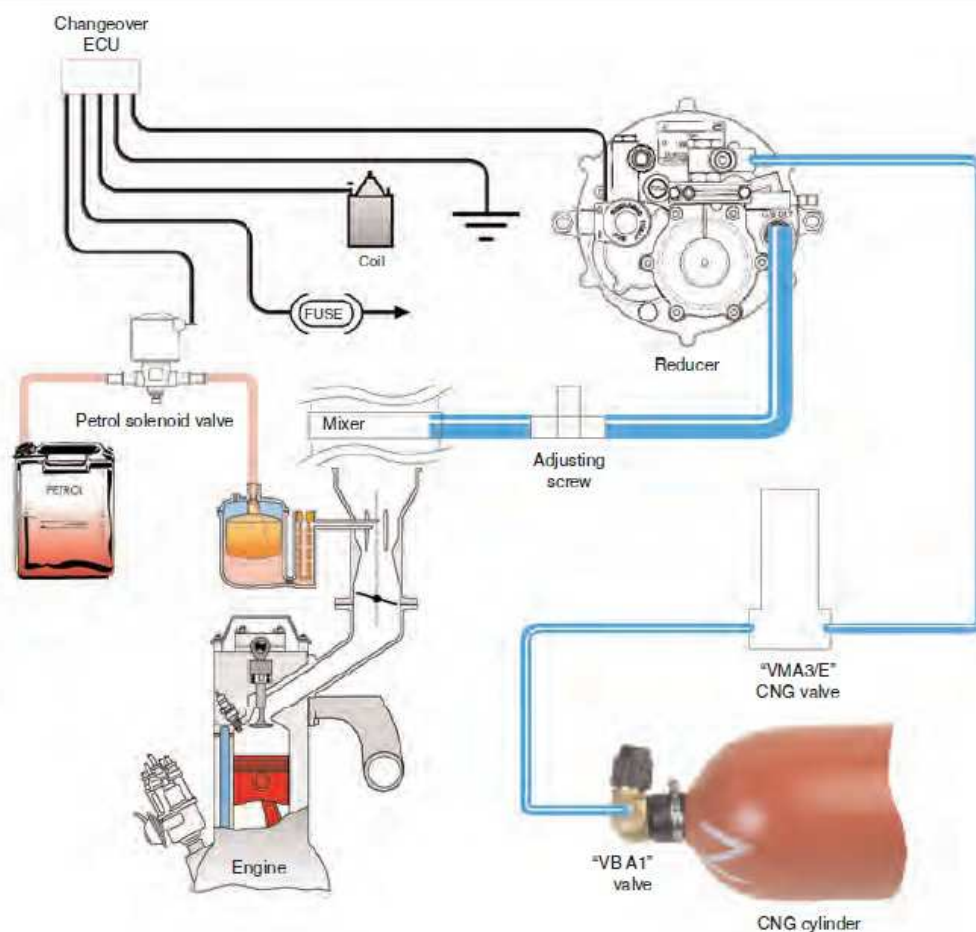
### **3.3.1 Výrobci CNG příslušenství**

Existuje několik předních výrobců CNG příslušenství. Mezi nejznámější patří např. turecká firma Aldesa Autogas Equipments nebo italská firma M. T. M. BRC Gas Equipment.

### **3.3.2 CNG systémy se směšovačem**

Tento druh CNG systému zvolíme tehdy, pokud chceme provést přestavbu na CNG na automobilu s karburátorem nebo jednobodovým vstřikováním. Jelikož na silnicích těchto automobilů postupem času ubývá, používají se tyto systémy čím dál méně. Schematické uspořádání plynového palivového systému je na obrázku 3.2.



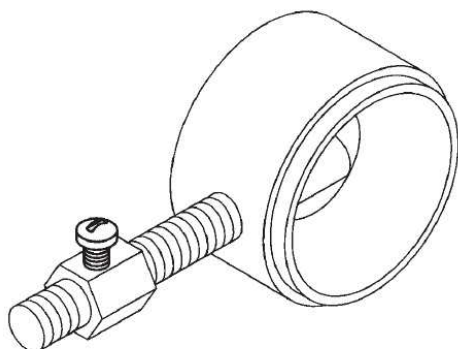


Obr. 3.2 Uspořádání plynového palivového systému se směšovačem [11]

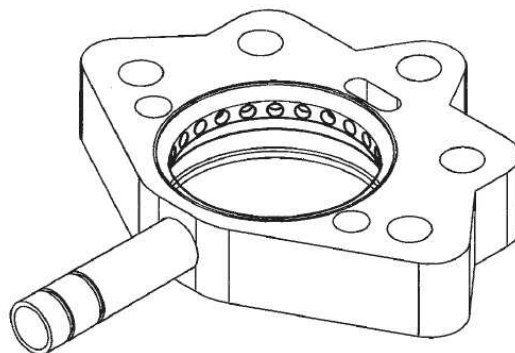
Princip činnosti tohoto CNG systému je následovný. Zemní plyn natankujeme do tlakových láhví přes plnicí ventil „VMA3/E“, který má v tomto případě i funkci redukčního ventilu. Ten může být na automobilu umístěn buď v motorovém prostoru, nebo na vyhovujícím místě ve stěně karoserie. Tlaková láhev je vybavena pojistným ventilem „VB A1“, který zajistí uzavření láhve při hrozícím nežádoucím úniku plynu a při nebezpečném přetlaku odpustí potřebné množství plynu. Plyn proudí z tlakové láhve do redukčního ventilu „VMA3/E“, kde se sníží jeho tlak na optimální hodnotu. Poté pokračuje do pneumaticky řízeného redukčního odpařovače. Do redukčního odpařovače je přivedena chladicí kapalina z motoru, která zahřívá jeho tělo a tím i přivedený plyn. Díky tomu se tlak zemního plynu snižuje téměř na atmosférickou hodnotu. To je nutné proto, aby motor mohl palivo nasávat. Dále pokračuje plyn přes seřizovací šroub do směšovače.

Směšovač vytváří zápalnou směs o optimálním směšovací poměru. Existuje několik druhů směšovačů. Pro vozidla s karburátory se používají klasické trubkovité směšovače, které se montují mezi potrubí přívodu vzduchu do motoru a karburátor (obr. 3.3). Dalším typem jsou směšovače deskovité, které se montují mezi karburátor a sací

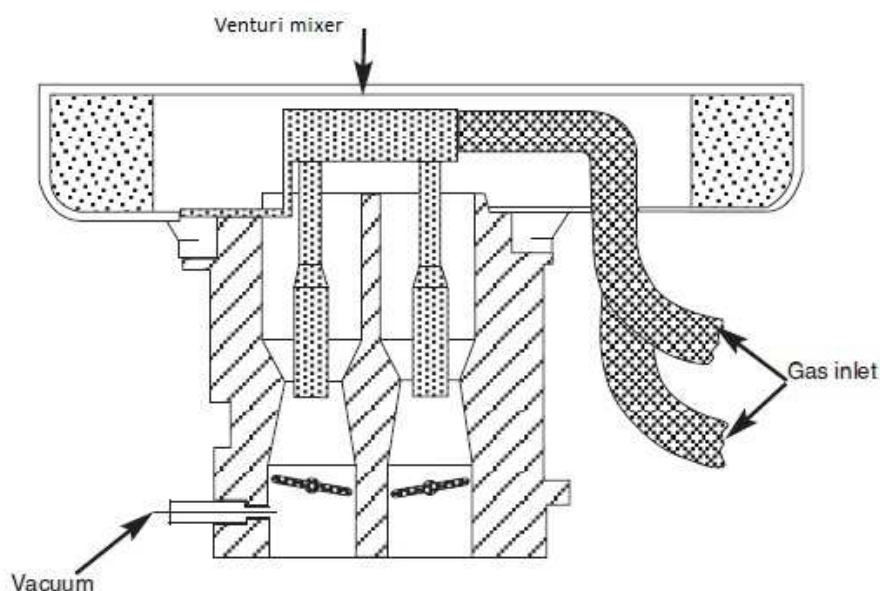
potrubí (obr. 3.4). Existuje ještě tzv. Venturiho směšovač, jenž představuje nejjednodušší řešení, ale nejméně splňuje ekonomické a ekologické požadavky (obr. 3.5).



Obr. 3.3 [11]



Obr. 3.4 [11]



Obr. 3.5 [11]

Další nutnou součástí tohoto CNG systému je benzinový elektromagnetický ventil, jenž uzavírá přívod benzínu do motoru, když motor pohání CNG nebo přívod benzínu otevírá, pokud spouštíme studený motor. U automobilů s karburátory je použití benzínu při studeném startu nutností. Dále je benzinový elektromagnetický ventil doplněn obtokovým ventilem. Tento ventil se při zvýšení tlaku benzínu v důsledku uzavření elektromagnetického ventilu otevře a benzin jím odtéká skrze obtokové potrubí zpět do nádrže.

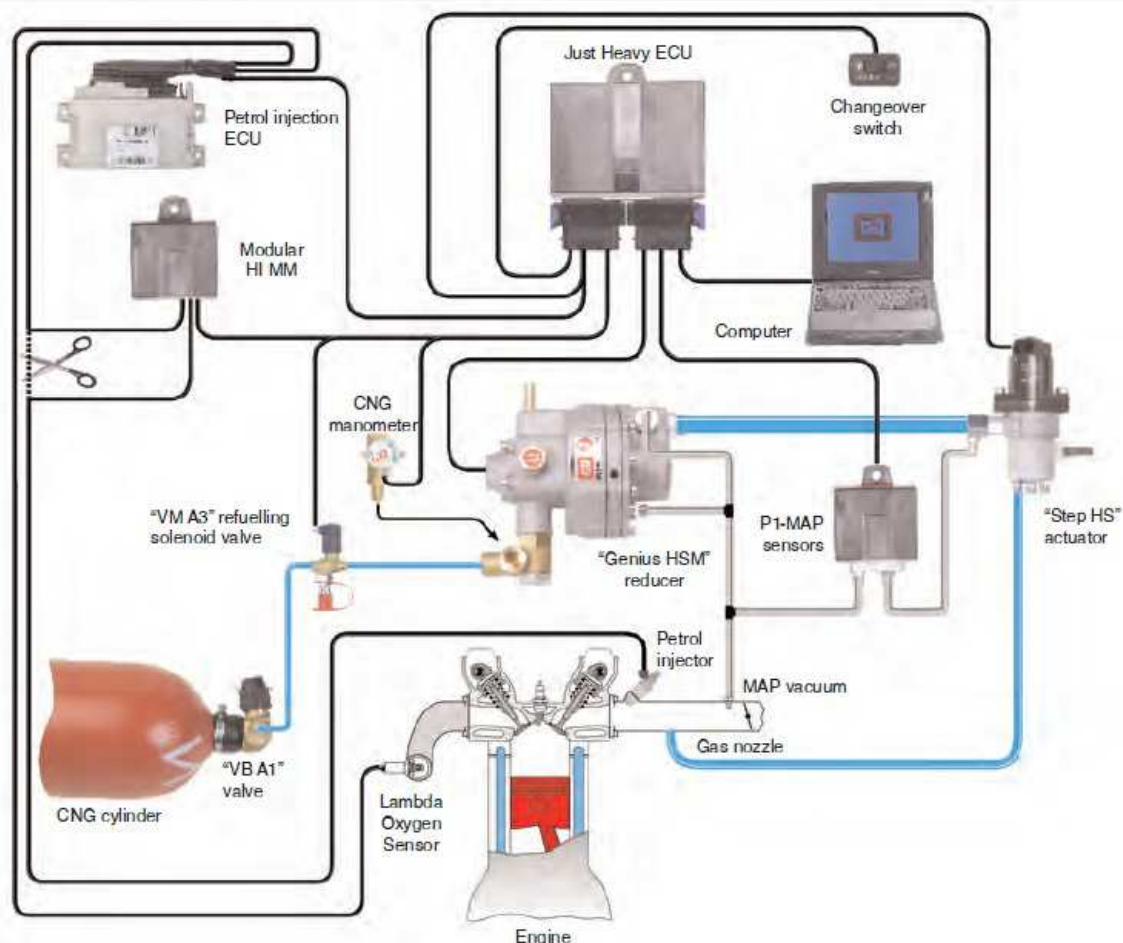
Do automobilů s karburátory je možno instalovat jednak ruční přepínač benzin/CNG, který musíme při startování vždy ručně přepnout, ale také procesor, který obstará přívod benzínu při startování, tak i pozdější přechod na CNG automaticky.

### 3.3.3 Systémy vefukování CNG pro motory se vstřikováním paliva

V dnešní době jsou použity a plánovány čím dál přísnější normy a předpisy z důvodu zvýšení problémů se znečištěním atmosféry s cílem snížit co nejvíce škodlivé emise. Tyto potřeby a stálý pokrok v oblasti elektroniky přinesly vývoj stále důmyslnějších systémů, které výrazně snižují škodlivé prvky ve výfukových plynech, nehledě na zlepšení jízdních vlastností automobilů. Postupem času začali konstruktéři instalovat do automobilů elektronické systémy vstřikování řízené sofistikovanou řídicí jednotkou, které umožňují kontrolu spalování prostřednictvím kyslíkové (lambda) sondy a další snížení škodlivin v emisích pomocí katalyzátoru. Dnes nejpoužívanější systém je vícebodové vstřikování MPi. V tomto případě má každý válec vlastní vstřikovač, který vstřikuje benzin přímo před sací ventil. Při sekvenčně řízeném vstřikování je řízen každý vstřikovač samostatně a vstřikuje palivo vždy v každé druhé otáčce klikové hřídele při sacím zdvihu pístu. U tohoto systému je lambda sonda a katalyzátor samozřejmostí, výjimkou není ani použití dvou lambda sond, umístěných před a za katalyzátorem z důvodu kontroly správné činnosti katalyzátoru.

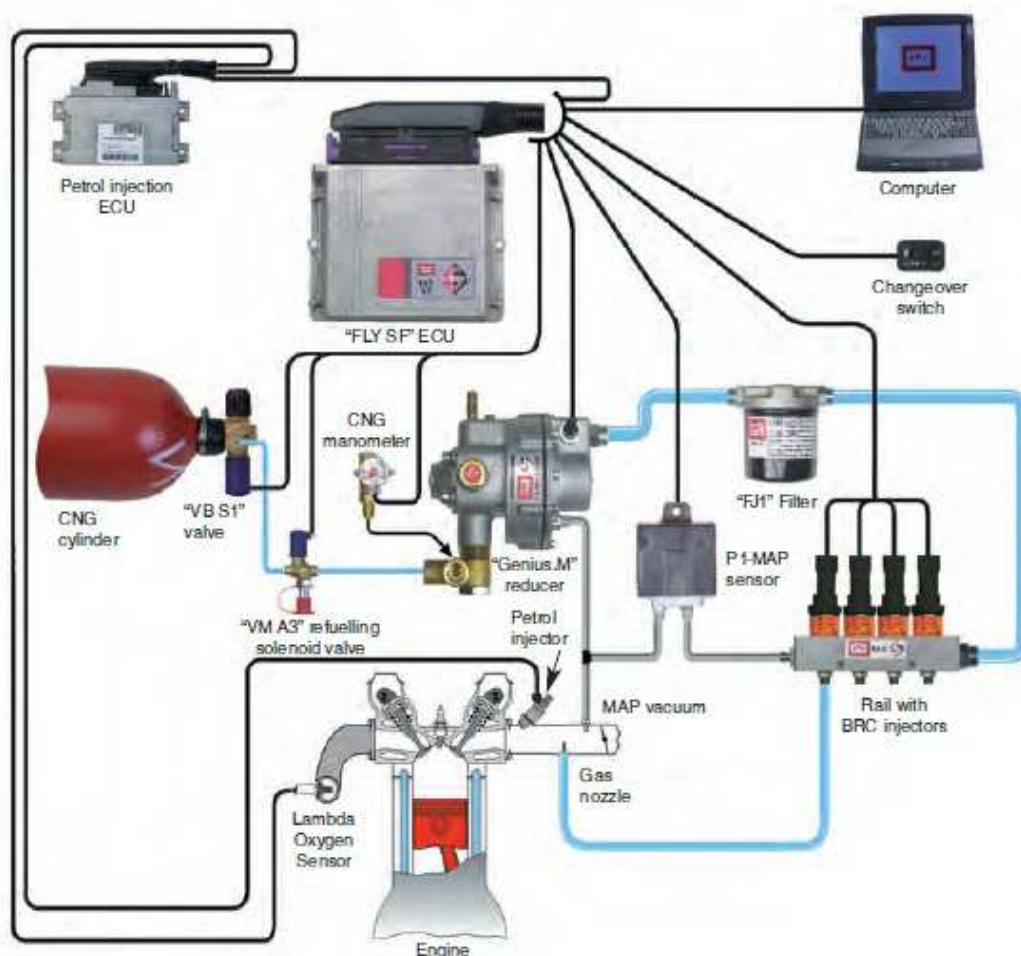
CNG systém pro přestavbu automobilu s takto řízeným motorem musí obsahovat zařízení, které dokáže získat a zpracovat signál z lambda sondy tak, aby ho CNG systém mohl použít. Toto zařízení má také za úkol připravovat stechiometrickou směs plynu a vzduchu a řídit automatické přepnutí z benzínu na plyn. Nutností je použití vhodného systému zplynování. Máme dva základní druhy, a to systémy s paralelním zplynováním nebo se sériovým zplynováním. U systémů s paralelním zplynováním je plyn nezávisle ovládán originálním řízením motoru pro benzin. Informace o stavu motoru, signál z lambda sondy, stav polohy škrtící klapky a absolutní tlak v sacím potrubí pochází z originální řídicí jednotky. U systémů se sériovým zplynováním je plyn řízen na základě vstřikovacích časů daných originální řídicí jednotkou, vhodně převedených pro plynový systém. Sériové systémy získávají informace o stavu motoru, polohu škrtící klapky, signál z lambda sondy a absolutní tlak v sacím potrubí také z originální řídicí jednotky.

Pokročilé systémy CNG mají oproti systémům se směšovačem několik změn. Těmto systémům chybí směšovač, namísto něj je zde tryska, kterou je přiveden plyn do sacího kanálu. V důsledku toho odpadají nevýhody spojené s přestavbou součástí k provozu na benzin. Možné ztráty výkonu v provozu na plyn závisí pouze na charakteristikách samotného plynu, nejsou zde žádné dodatečné změny celkových rozměrů sacího potrubí. Řízení dodávky plynu funguje na základě krokového motoru, který umožňuje dávkování plynu a jeho přivedení do jednotlivého sacího kanálu, blízko originálního benzinového vstřikovače. Přívod plynu do sacího potrubí je kontinuální. Dále pak senzor P1-MAP zásobuje plynovou řídicí jednotku informacemi o vakuu v sacím potrubí a o výstupním tlaku z reduktoru. Schematické upořádání je na obrázku 3.6.



Obr. 3.6 Uspořádání plynového palivového systému s kontinuálním vefukováním CNG [11]

Současné vyspělé systémy jsou na rozdíl od předchozího systému s kontinuálním průtokem plynu tryskou řízeny řídicí jednotkou, jež vypočítává otevírací dobu vefukovačů pro každý vefukovač zvlášť a také okamžik otevření vefukovačů, tj. při otevření sacího ventilu. Jedná se o sekvenční vefukování plynu, které je vrcholem přesnosti a včasnosti dávkování plynu. Plyn je přiváděn do lišty (railu), v němž jsou zabudovány vefukovače. Ty si odtud berou potřebné množství plynu a po impulzu od řídicí jednotky vefouknou dávku plynu skrze hadičky do sacího potrubí.



Obr. 3.7 Uspořádání plynového palivového systému se sekvenčním vefukování CNG [11]

Toto řešení dosahuje nejlepších výkonů, není zapotřebí žádná přestavba benzinového příslušenství, je zde vysoká eliminace rizika zpětného šlehnutí díky tryskám umístěným blízko sacích ventilů. Výsledkem je, že v porovnání s pohonem na benzin dosahuje tento systém téměř stejných výkonů a současně jsou zde nejlepší výsledky spojené se směřováním, ekologií a ekonomikou provozu.



## 4 Osobní automobily s motory na CNG

### 4.1 Analýza současného trhu sériových vozidel CNG

Vozidla s pohonem CNG nabízí stále více výrobců. Mezi automobilové společnosti, které mají ve své nabídce vozidla s pohonem CNG, patří: Škoda, Volkswagen, Ford, Mercedes-Benz, Citroën, Fiat, Honda, Mazda, Opel, Peugeot, Renault, Toyota, a Volvo. Trh těchto vozidel se neustále rozšiřuje a mění. Následující přehled je zaměřen na vozidla, které vyrábí evropské automobilky. Uvedu zde stav trhu k 1.1.2013.

#### 4.1.1 Škoda

Škoda letos nově uvádí na trh dva vozy s pohonem na zemní plyn. Model Citigo s monovalentním systémem a model Octavia III s bivalentním systémem.

##### Škoda Citigo 1.0 CNG [13,9]

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	50 kW (68 PS)	50 kW (68 PS)
Obsah nádrže	12 kg	10 l
Komb. spotřeba na 100 km	2,9 kg	4,9 l
Dojezd	350 km	200 km
Emise CO <sub>2</sub>	79 g/km	neuvedeno
Emisní třída	Euro 5	



Obr. 4.1 Škoda Citigo zástavba palivové soustavy [13]

**Škoda Octavia III 1.4 TSI CNG [13,9]**

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	81 kW (110 PS)	81 kW (110 PS)
Obsah nádrže	100 l	50 l
Komb. spotřeba na 100 km	3,6 kg	5,3 l
Dojezd	400 km	900 km
Emise CO <sub>2</sub>	99 g/km	neuvedeno
Emisní třída	Euro 5	

**4.1.2 Volkswagen**

Tato společnost vyrábí vozy na CNG už několik let. Jako monovalentní vozy nabízí modely Touran a Caddy, dále potom nově monovalentní vůz Eco – up! a bivalentní Passat a Golf IV jako koncernové příbuzné Škody Citigo a Octavia. Všechny modely budou dostupné na českém trhu.

**Volkswagen Touran 2.0 EcoFuel [18,19]**

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	80 kW (109 PS)	80 kW (109 PS)
Obsah nádrže	18 kg	13 l
Komb. spotřeba na 100 km	5,8 kg (8,6 m <sup>3</sup> )	8,1 l
Dojezd	310 km	130 km
Emise CO <sub>2</sub>	155 g/km	neuvedeno
Emisní třída	EURO 4	



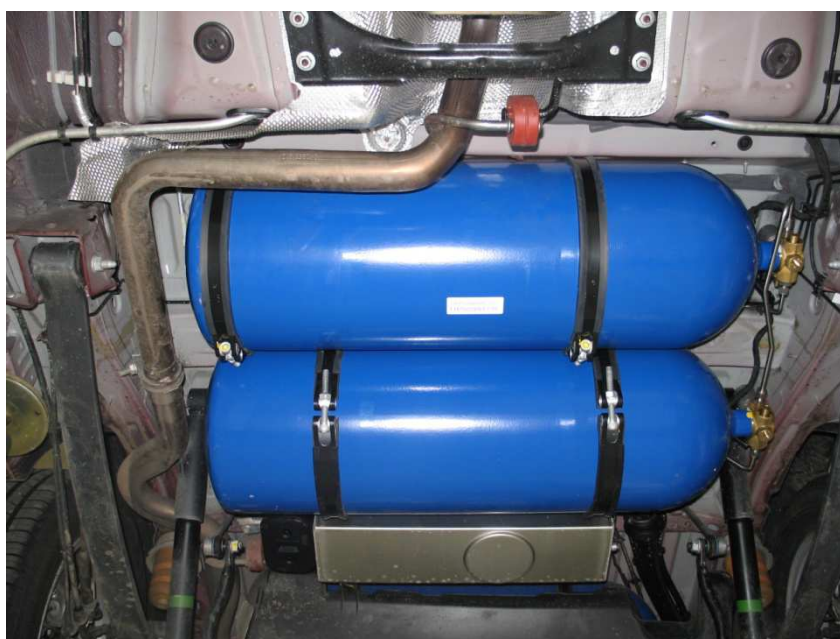
*Obr. 4.2 VW Touran zástavba palivové soustavy [18]*

**Volkswagen Caddy 2.0 EcoFuel [18,19]**

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	80 kW (109 PS)	80 kW (109 PS)
Obsah nádrže	26 kg (35,6 m <sup>3</sup> )	13 l
Komb. spotřeba na 100 km	6,0 kg (8,8 m <sup>3</sup> )	neuvedeno
Dojezd	440 km	150 km
Emise CO <sub>2</sub>	157 g/km	neuvedeno
Emisní třída	EURO 4	



*Obr. 4.3 VW Caddy zástavba palivové soustavy [18]*



*Obr. 4.4 VW Caddy pohled na podvozek s tlakovými nádržemi [18]*



**Volkswagen Eco-up ! CNG [18,9]**

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	50 kW (68 PS)	50 kW (68 PS)
Obsah nádrže	12 kg	10 l
Komb. spotřeba na 100 km	2,9 kg	4,9 l
Dojezd	350 km	200 km
Emise CO <sub>2</sub>	79 g/km	neuvedeno
Emisní třída	Euro 5	

*Obr. 4.5 VW Eco-up ! zástavba palivové soustavy [18]***Volkswagen Passat 1.4 EcoFuel CNG [18,9]**

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	100 kW (136 PS)	neuvedeno
Obsah nádrže	21 kg	31 l
Komb. spotřeba na 100 km	4,3 kg	neuvedeno
Dojezd	460 km	480 km
Emise CO <sub>2</sub>	119 g/km	neuvedeno
Emisní třída	Euro 5	

*Obr. 4.6 VW Passat zástavba palivové soustavy [18]*

**Volkswagen Golf VII CNG [18,9]**

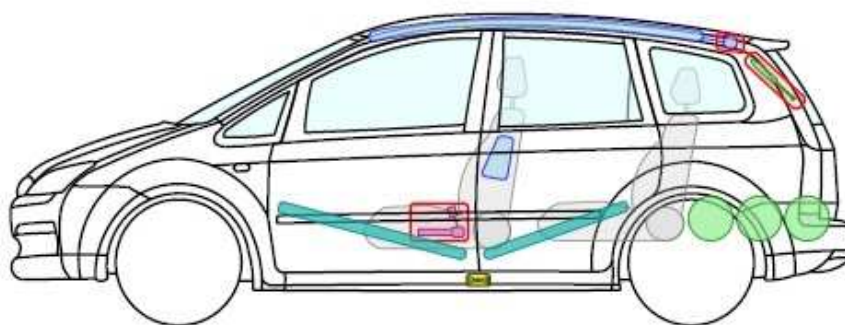
	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	81 kW (110 PS)	81 kW (110 PS)
Obsah nádrže	100 l	50 l
Komb. spotřeba na 100 km	3,6 kg	5,3 l
Dojezd	420 km	880 km
Emise CO <sub>2</sub>	99 g/km	neuvedeno
Emisní třída	Euro 5	

**4.1.3 Ford**

Tento výrobce vyrábí vozy pouze s bivalentním palivovým systémem, jsou to modely C-max a Focus. Vozy nejsou bohužel dodávány na český trh.

**Ford C-max 2.0 CNG [16,19]**

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	93 kW (128 PS)	107 kW (148 PS)
Obsah nádrže	17 kg (23,8 m <sup>3</sup> )	55 l
Komb. spotřeba na 100 km	5,7 kg (8,0 m <sup>3</sup> )	7,1 l
Dojezd	300 km	720 km
Emise CO <sub>2</sub>	158 g/km	174 g/km
Emisní třída	Euro 4	-



*Obr. 4.7 Ford C-max zástavba tlakových nádrží [16]*

**Ford Focus 2.0 CNG [16,19]**

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	93 kW (128 PS)	107 kW (148 PS)
Obsah nádrže	17 kg (23,8 m <sup>3</sup> )	55 l
Komb. spotřeba na 100 km	5,6 kg (7,8 m <sup>3</sup> )	7,1 l
Dojezd	300 km	720 km
Emise CO <sub>2</sub>	151 g/km	169 g/km
Emisní třída	EURO 4	-

#### 4.1.4 Mercedes-Benz

Mercedes vyrábí vozy s oběma druhy palivových systémů. Bivalentní palivový systém je použit u modelu E 200 NGT, monovalentní je model třídy B 200 NGD CNG.

##### Mercedes-Benz E 200 NGT [7]

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	120 kW (163 PS)	135 kW (184 PS)
Obsah nádrže	19,5 kg	59 l
Komb. spotřeba na 100 km	5,7 kg	7,6 l
Dojezd	360 km	710 km
Emise CO <sub>2</sub>	149 g/km	Neuvedeno
Emisní třída	Euro 6	Euro 5



Obr. 4.8 Mercedes-Benz E 200 NGT zástavba palivové soustavy [7]

##### Mercedes-Benz B 200 NGD CNG [8,9]

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	115 kW (156 PS)	115 kW (156 PS)
Obsah nádrže	21 kg	12 l
Komb. spotřeba na 100 km	4,3 kg	6,4 l
Dojezd	480 km	180 km
Emise CO <sub>2</sub>	117 g/km	neuvedeno
Emisní třída	Euro 6	



Obr. 4.9 Mercedes-Benz B 200 NGD CNG zástavba palivové soustavy [8]

#### 4.1.5 Citroën

Tento výrobce nabízí dva vozy s pohonem na CNG, jsou to modely C3 a Berlingo, oba s bivalentním palivovým systémem.

##### Citroën C3 1.4i CNG [14]

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	49 kW (68 PS)	54 kW (75 PS)
Obsah nádrže	8 kg (11,2 m <sup>3</sup> )	47 l
Komb. spotřeba na 100 km	4,7 kg (6,6 m <sup>3</sup> )	6,5 l
Dojezd	170 km	720 km
Emise CO <sub>2</sub>	119 g/km	154 g/km
Emisní třída	EURO 4	

##### Citroën Berlingo 1.4i CNG [14]

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	48 kW (65 PS)	55 kW (75 PS)
Obsah nádrže	11,4 kg (16,0 m <sup>3</sup> )	55 l
Komb. spotřeba na 100 km	6,0 kg (8,3 m <sup>3</sup> )	7,8 l
Dojezd	190 km	700 km
Emise CO <sub>2</sub>	146 g/km	185 g/km
Emisní třída	EURO 4	

#### 4.1.6 Fiat

Fiat je dosud největší producentem vozidel s pohonem na CNG v Evropě. Pro vozy na CNG má vlastní program Natural Power, jenž je jednou z klíčových oblastí, kterými se automobilka ubírá. Všechny vozy mají bivalentní palivový systém.

**Fiat Panda 0.9 Twin Air CNG [9]**

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	59 kW (80 PS)	59 kW (80 PS)
Obsah nádrže	12 kg	35 l
Komb. spotřeba na 100 km	3,1 kg	neuvedeno
Dojezd	400 km	400 km
Emise CO <sub>2</sub>	86 g/km	neuvedeno
Emisní třída	Euro 6	

**Fiat Qubo 1.4 Natural Power CNG [9]**

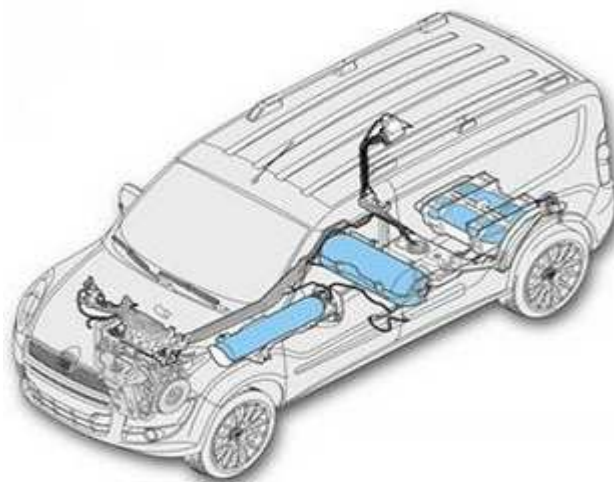
	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	51 kW (70 PS)	54 kW (74 PS)
Obsah nádrže	14,6 kg	45 l
Komb. spotřeba na 100 km	4,3 kg	6,6 l
Dojezd	325 km	600 km
Emise CO <sub>2</sub>	119 g/km	neuvedeno
Emisní třída	Euro 5	

**Fiat Punto Evo 1.4 8V Natural Power [9]**

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	57 kW (77 PS)	57 kW (77 PS)
Obsah nádrže	13 kg	45 l
Komb. spotřeba na 100 km	4,2 kg	6,3 l
Dojezd	310 km	710 km
Emise CO <sub>2</sub>	115 g/km	neuvedeno
Emisní třída	Euro 5	

**Fiat Doblo Panorama 1.4 T-Jet CNG [9]**

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	88 kW (120 PS)	88 kW (120 PS)
Obsah nádrže	16,15 kg	22 l
Komb. spotřeba na 100 km	6,5 kg	9,7 l
Dojezd	325 km	300 km
Emise CO <sub>2</sub>	134 g/km	neuvedeno
Emisní třída	Euro 5	



*Obr. 4.10 Fiat Doblo Panorama zástavba palivové soustavy [7]*

#### 4.1.7 Opel

Opel patří v segmentu CNG vozidel mezi přední výrobce. Vozy na CNG vyrábí již několik let. V Německu je provozováno 60 % CNG vozů právě značky Opel. Většinu modelů nabízí tento výrobce jako monovalentní vozidla, model Combo nabízí jako bivalentní.

##### Opel Combo 1.4 CNG ecoFlex [8,9]

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	88 kW (120 PS)	88 kW (120 PS)
Obsah nádrže	22 kg	22 l
Komb. spotřeba na 100 km	4,9 kg	7,5 l
Dojezd	450 km	300 km
Emise CO <sub>2</sub>	134 g/km	neuvedeno
Emisní třída	Euro 5	Euro 5

##### Opel Zafira 1.6 CNG ecoflex [8,9]

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	110 kW(150 PS)	110 kW (150 PS)
Obsah nádrže	25 kg	14 l
Komb. spotřeba na 100 km	4,7 kg	9,3 l
Dojezd	530 km	150 km
Emise CO <sub>2</sub>	129 g/km	neuvedeno
Emisní třída	Euro 5	



Obr. 4.11 Opel Zafira zástavba palivové soustavy [8]

#### 4.1.8 Peugeot

Peugeot se oblastí CNG vozů zabývá velmi okrajově. Dříve vyráběl pouze modely Partner v osobní a užitkové verzi, v současnosti nevyrábí žádný vůz na CNG.

##### Peugeot Partner 190 C [7]

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	48 kW (65 kW)	55 kW (75 PS)
Obsah nádrže	14 kg	55 l
Komb. spotřeba na 100 km	6,5 kg	7,8 l
Dojezd	200 km	650 km
Emise CO <sub>2</sub>	neuvedeno	neuvedeno
Emisní třída	Euro 3	

#### 4.1.9 Renault

Stejně jako Peugeot, ani Renault se CNG vozidly příliš nezabývá. Jeho jediný vůz na CNG je model Kangoo.

##### Renault Kangoo CNG [20]

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	58 kW (80 PS)	69 kW (94 PS)
Obsah nádrže	13 kg	50 l
Komb. spotřeba na 100 km	5,8 kg	7,8 l
Dojezd	220 km	640 km
Emise CO <sub>2</sub>	neuvedeno	neuvedeno
Emisní třída	Euro 4	



#### 4.1.10 Volvo

Volvo nevyrábí přímo vozidla na CNG, ale přímo v jejich továrně je prováděna dodatečná přestavba na CNG, jedná se o bivalentní vozy.

##### Volvo V70 Bi-fuel [9]

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	150 kW (205 PS)	150 kW (205 PS)
Obsah nádrže	14 kg	50 l
Komb. spotřeba na 100 km	4,8 kg	7,2 l
Dojezd	300 km	700 km
Emise CO <sub>2</sub>	157 g/km	neuvedeno
Emisní třída	Euro 4	

#### 4.2 Shrnutí výsledků trhu CNG vozidel

Z analýzy současné trhu CNG vozidel vyplývá, že se stále vyrábí více bivalentních vozů než monovalentních. Dokonce výrobci dříve jen monovalentních vozů dnes vyrábí vozy s oběma druhy palivových systémů (Opel, Volkswagen). Ryze monovalentních vozy dnes nevyrábí žádná evropská automobilka. Je zřejmé, že nad nižší užitečnou hmotností vyhrává větší dojezd vozidla. Je to tím, že stále není dostatečně rozvinutá síť plnicích stanic. Monovalentní jsou ve většině případů vozy menších rozměrů, které se spíše používají k dopravě po městě, tzn. není zapotřebí tak velký dojezd.

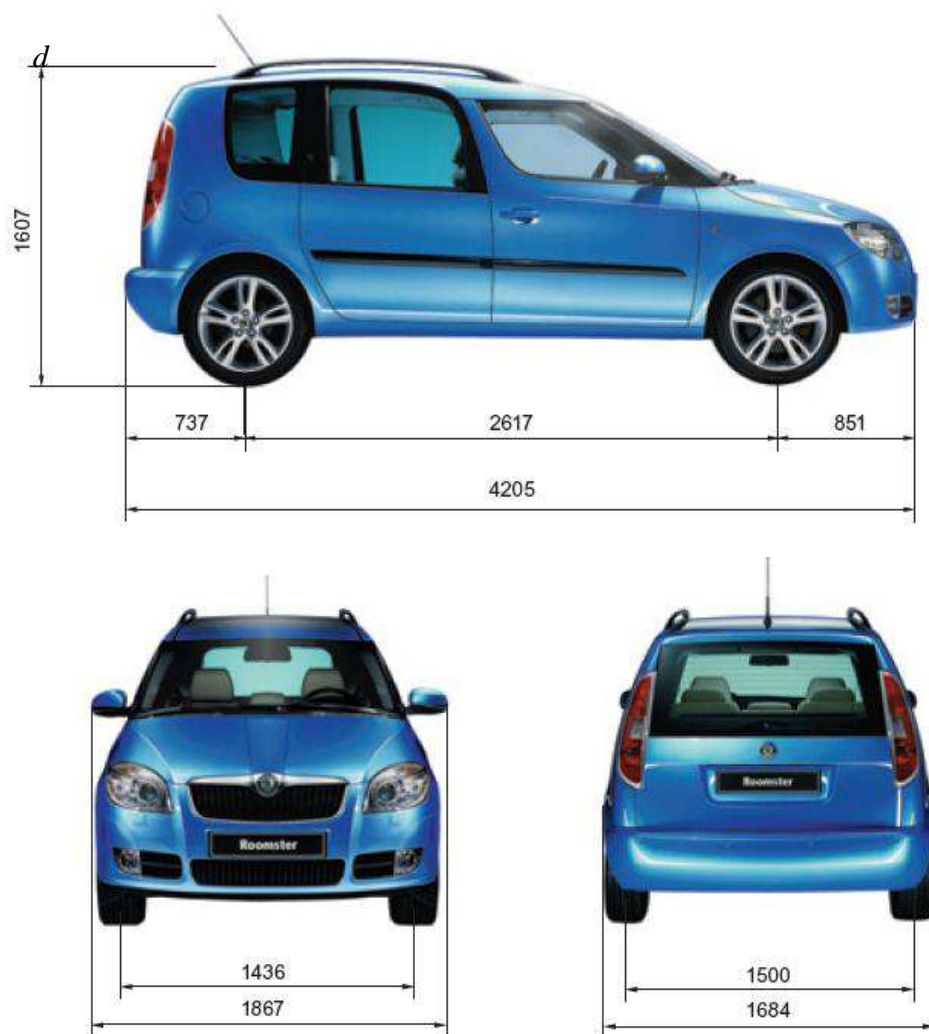
	<b>Monovalentní</b>	<b>Bivalentní</b>	<b>Oba druhy</b>
Počet výrobců	0	6	4
Počet vozidel	6	16	-



## 5 Škoda Roomster

Škoda Roomster je v podstatě kompaktní rodinný vůz, často označován jako MPV. Svými rozměry však spadá do kategorie vozů nižší střední třídy. Na českém trhu se tento vůz začal prodávat od 1. června 2006.

### 5.1 Rozměry a technické parametry vozu



*Obr. 5.1 Rozměry vozu Škoda Roomster [13]*

Tab. 5.1 Vybrané parametry vozidla Škoda Roomster [5]

součinitel odporu vzduchu $c_x$		0,33
objem zavazadlového prostoru		450 l
objem zavazadlového prostoru po vyjmutí zadních sedadel		1780 l
objem palivové nádrže		55 l
pohotovostní hmotnost*)		1140 - 1346 kg
užitečné zatížení vozu*)		425 - 620 kg
maximální povolená hmotnost přívěsu	brz děný*	700 - 1200 kg
	neb rzděný*	450 - 500 kg
maximální povolené zatížení střechy		75 kg
maximální povolené svislé zatížení koule tažného zařízení		50 kg

\*) uvedené hodnoty představují rozsah hmotností, který je závislý na použitém agregátu a na mimořádné výbavě vozu

## 5.2 Dodávané motorizace

- zážehový motor 1,2 l / 47 kW - MPI 112 Nm
- zážehový motor 1,4 l / 63 kW - MPI 130 Nm
- zážehový motor 1,6 l / 77 kW - MPI 155 Nm
- vznětový motor 1,4 l / 51 kW - TDI 155 Nm
- vznětový motor 1,4 l / 59 kW - TDI 195 Nm
- vznětový motor 1,9 l / 77 kW – TDI 240 Nm

### 5.2.1 Zážehový motor 1,2 l / 47 kW

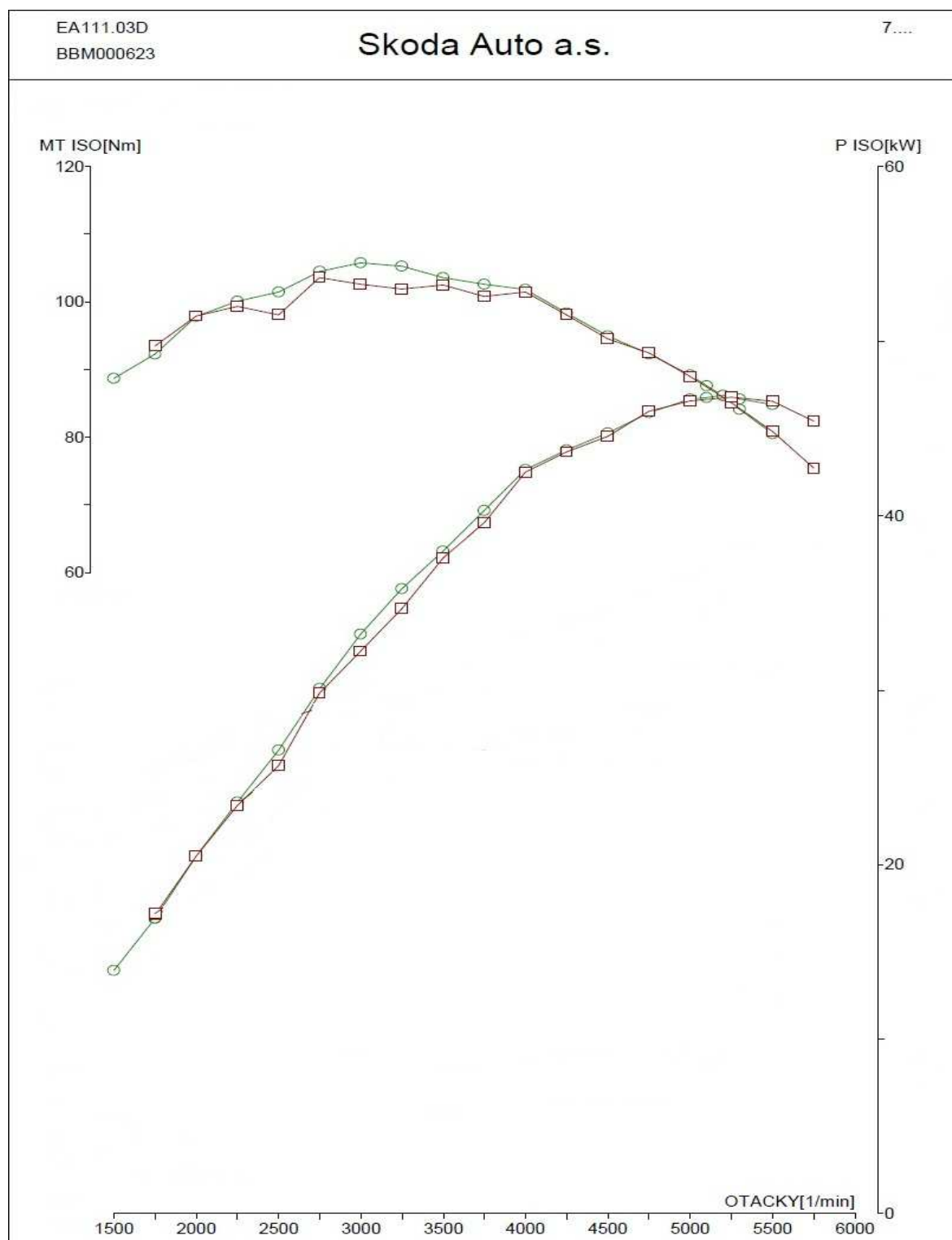
Pro přestavbu a úpravu pro pohon na CNG volím motor 1,2 l / 47 kW (obr. 5.2). Tento typ vybírám na základě požadavků v zadání bakalářské práce. Motor je nutno přestavit tak, aby mohl spalovat zemní plyn.



Obr. 5.2 Zážehový motor 1,2 l / 47 kW [13]

*Tab. 5.2 Technické parametry zvoleného motoru [5]*

Motor	1,2 12V HTP
Kód motoru	AZQ, BME
Charakteristika	Zážehový řádový, kapalinou chlazený motor OHC, uložený vpředu napříč
Počet válců	3
Zdvihový objem [cm <sup>3</sup> ]	1198
Vrtání [mm]	76,5
Zdvih [mm]	86,9
Max. výkon [kW/min <sup>-1</sup> ]	47 / 5400
Max. točivý moment [Nm/min <sup>-1</sup> ]	112 / 3000
Kompresní poměr	10,5 : 1
Exhalační norma	Euro 4
Palivo	Bezolovnatý benzin, okt. č. 95 nebo č. 91 = nižší výkon



Obr. 5.3 Otáčková charakteristika motoru [4]

## 6 Projekt přestavby Škody Roomster

### 6.1 Návrh koncepce palivového systému

Při volbě nejvhodnější koncepce pro vůz Škoda Roomster musíme vycházet z mnoha aspektů. Základní otázkou je, na jakých trzích bude prodáván a pro jakou cílovou skupinu bude určen. Jako potenciální trhy můžeme brát všechny trhy, kde se v současnosti prodává stávající verze Škody Roomster. Jsou to hlavně trhy v Evropě a Asii. Do cílové skupiny zákazníků budou patřit lidé s vysokým počtem najetých kilometrů, a to jak po městě, tak i mimo něj, tedy např. autoškoly, taxikáři, plynárenské společnosti a kurýrní nebo dopravní firmy.

Dále je potřeba zvážit všechny klady a zápory obou výše zmiňovaných variant, tedy monovalentní a bivalentní koncepce. Pokud si člověk koupí dražší automobil s pohonem na CNG, tak bude chtít jezdit hlavně na levnější CNG a benzin bude používat jen nouzově. Z toho vyplývá, že pro takového člověka bude výhodnější mít na automobilu vyšší zásobu CNG oproti benzínu. Pakliže pomineme nedostatečnou hustotu plnicích stanic, která se nadále rozrůstá, tak je z analýzy trhu CNG vozidel zřejmé, že menší konkurence je mezi monovalentními vozidly. Z tohoto hlediska vychází výhodněji volba monovalentní koncepce. Na základě těchto informací provedu přestavbu Škody Roomster na monovalentní vozidlo.

### 6.2 Úprava motoru pro pohon na CNG

Jak už bylo na začátku zmiňováno, zemní plyn má daleko vyšší oktanové číslo než benzin (cca 130). Díky tomu můžeme zvýšit kompresní poměr motoru, aniž by docházelo ke klepání motoru. Změny kompresního poměru můžeme docílit několika způsoby. Změnou zdvihu pístu, změnou vrtání, snížením hlavy válců nebo zvětšením objemu dna pístu. Vybral jsem si poslední variantu. Při zvětšení objemu se zmenší objem spalovacího prostoru a tím dojde ke zvýšení kompresního poměru. Z původního kompresního poměru 10,5 : 1 volím zvýšení na hodnotu 11,5 : 1. Tato hodnota je volena na základě použití benzínu s okt. číslem 98 v rezervní benzinové nádrži. Příklad materiálu byl navržen tak, aby nijak nepřekážel ventilům ani zapalovací svíčke. Bude tedy umístěn do kruhové prohlubně ve dně pístu a tvarem se bude podobat komolému kuželu na zvýšené kruhové základně, která vyplňuje původní prohlubeň v pístu. Následuje výpočet potřebného objemu přídatku.

1. Výpočtu objemu originálního spalovacího prostoru.

Ze vztahu pro kompresní poměr:  $\varepsilon = \frac{V_V + V_{SP}}{V_{SP}}$ , si vyjádříme objem spalovacího prostoru:  $V_{SP} = \frac{V_V}{\varepsilon - 1} = \frac{0,3993}{10,5 - 1} = 0,042045 \text{ dm}^3$

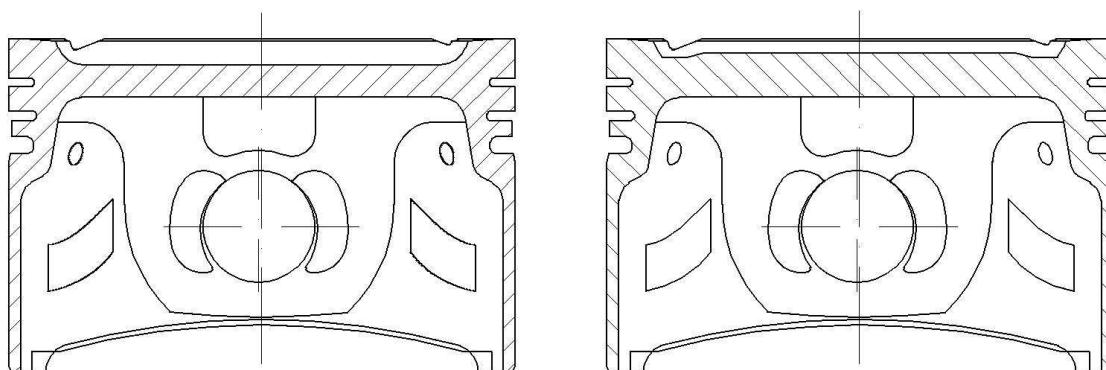
2. Dosadím hodnotu nového kompresního poměru a vypočtu objem nového spalovacího prostoru.

$$V_{SP'} = \frac{0,3993}{11,5-1} = 0,038023 \text{ dm}^3$$

3. Z rozdílu objemů původního a nového spalovacího prostoru vypočtu objem přídatku.

$$V_P = V_{SP} - V_{SP'} = 0,042045 - 0,038023 = 0,0040218 \text{ dm}^3$$

Modely originálního pístu a pístu po úpravě jsou vyobrazeny na obrázku.

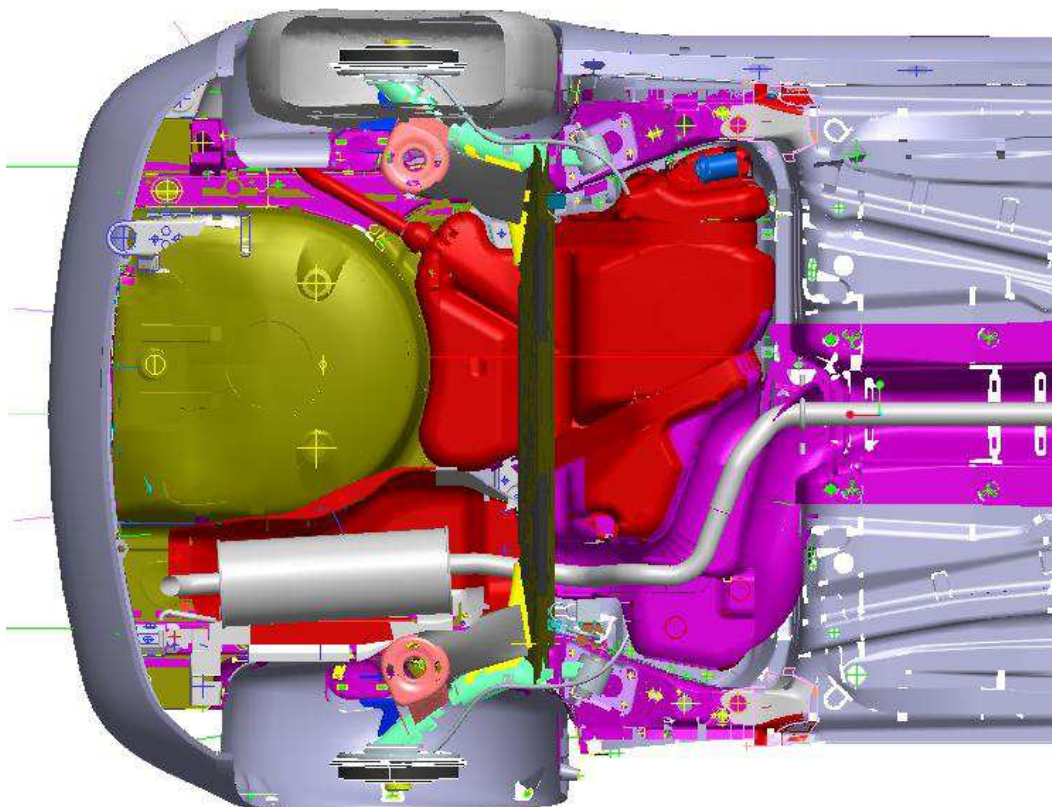


Obr. 6.1 Model originálního pístu (vlevo) a upraveného pístu (vpravo) v řezu

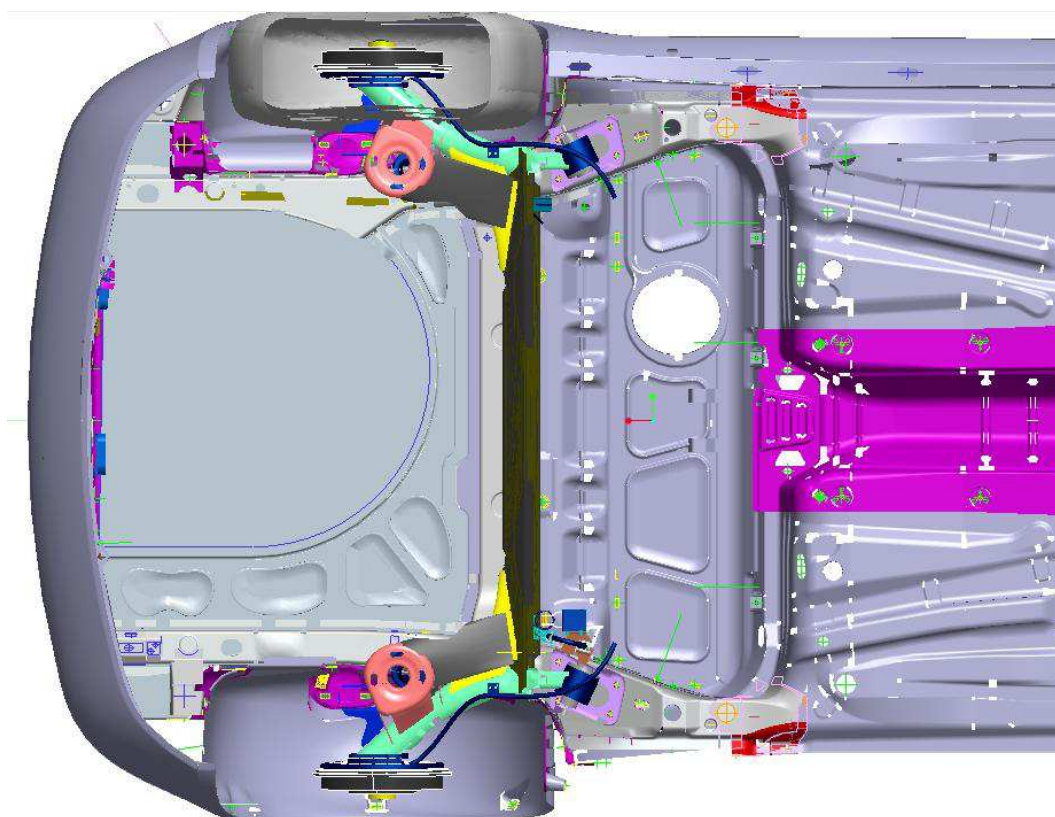
Je přiložena i výkresová dokumentace upraveného pístu, ostatní pevné rozměry jsou přejaty z výkresů č. 03E 107 103 N a č. 03E 107 103 Q [5], které dodala firma Škoda Auto.

### 6.3 Úprava zástavby pro verzi CNG

Úpravu zástavby jsem převzal z diplomové práce č. KVM – DP – 594 [1]. Pro úpravu vozu na verzi CNG bylo nutné provést úpravy některých dílů, případně nepotřebné části byly odstraněny. Došlo k odstranění původní 55 litrové palivové nádrže, plnicí hrdlo zůstalo zachováno pro novou rezervní benzinovou nádrž. Dále bylo nutné odstranit rezervní pneumatiku za účelem úpravy podvozku, kterou se docílilo rovné podlahy. Původní výfukové vedení velmi omezuje umístění tlakových nádrží, proto je ho nutné také upravit. Aby nedocházelo ke kolizi s nově namontovanými díly, je vhodné umístit vývod výfukových plynů do boku vozidla, podobně jako u VW Caddy. Dále byly odstraněny tepelné clony výfukového potrubí a původní nepotřebné držáky odstraněných dílů, které nelze použít k uchycení dílů nových.



*Obr. 6.2 Model sériové zástavby podvozku Škoda Roomster [5]*



*Obr. 6.3 Model upravené zástavby podvozku připravený pro verzi Škoda Roomster CNG [1]*



## 6.4 Plynové palivové komponenty

### 6.4.1 Tlakové nádrže

Volbu tlakových nádrží jsem převzal z diplomové práce č. KVM – DP – 594 [1]. Budou použity nádrže od firmy Vítkovice Cylinders a.s. Tato firmy je jediná u nás, která tlakové láhve vyrábí a dodává do automobilového průmyslu a navíc má v tomto oboru již několikaleté zkušenosti. Nabídka nádrží s technickými parametry je uvedena v tabulce. Jedná se o ocelové láhve, jsou vyráběny v souladu s platnými normami.

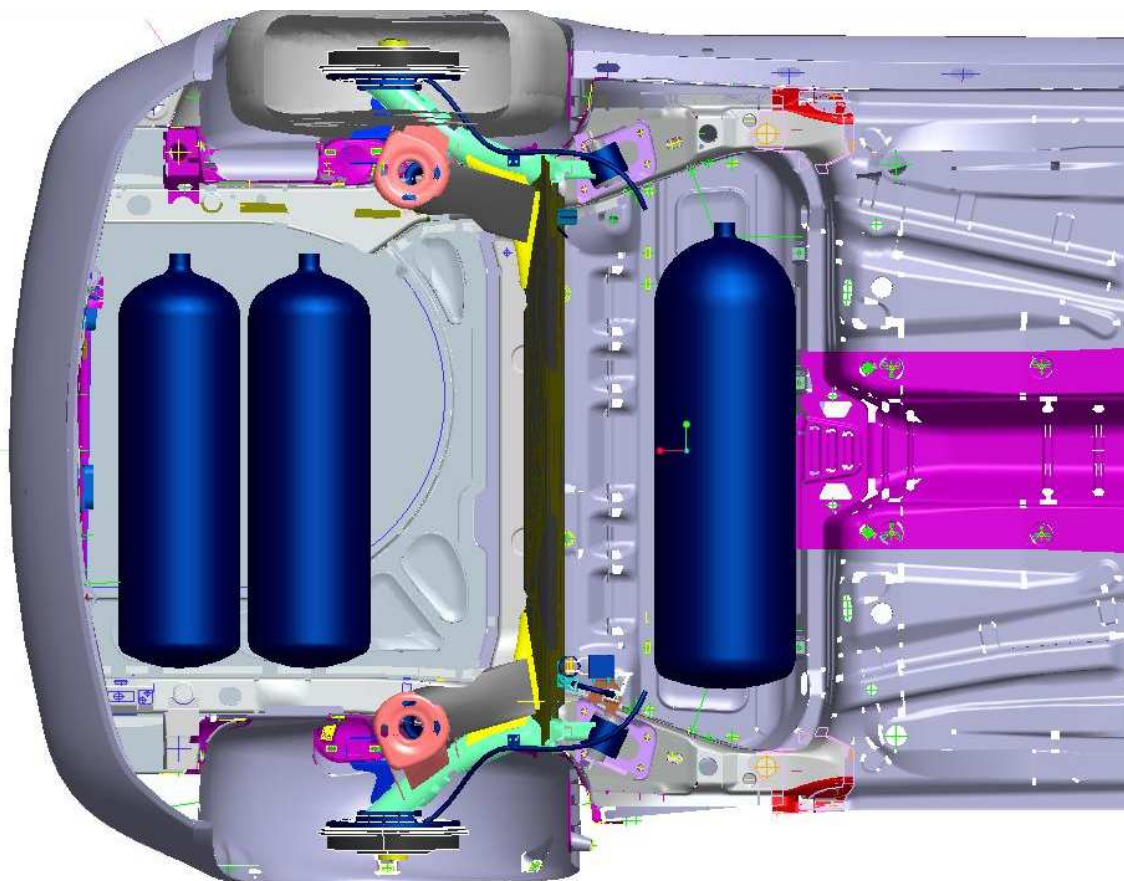
Tab. 6.1 Nabídka dodávaných nádrží od firmy Vítkovice Cylinders [12]

Vodní objem láhve [L]	Vnější průměr [mm]	Tlak		Tvar dna	Číslo výkresu
		Pracovní [bar]	Testovací [bar]		
4,0-10,0	140	200	300	convex	LA 4 - 0518
15,0-55,0	229	200	300	concave	LA 4 - 0313
15,0-55,0	229	300	450	concave	LA 4 - 0205
15,0-55,0	229	350	525	concave	LA 4 - 0517
25,0-39,0	235	200	300	convex	LA 4 - 0297
34,0-64,0	267	200	300	convex	LA 4 - 0595
35,0-80,0	273	200	300	convex	W - 2578
48,0-100,0	316	200	300	convex	W - 2618
50,0-95,0	324	200	300	convex	LA 4 - 0593
59,0-112,0	360	200	300	convex	LA 4 - 0592
80,0-140,0	360	200	300	concave	LA 4 - 0584
83	390	200	300	convex	LA 4 - 0594
81	390	250	375	convex	LA 4 - 0607

Pro vůz Škoda Roomster jsou použity dvě nádrže LA 4 – 0297 s délkou 800 mm, které jsou umístěny v prostoru za zadní nápravou v místě rezervního kola. Dále je použita jedna nádrž W – 2578 s délkou 900 mm, která je umístěna před zadní nápravou na místě původní benzinové nádrže. Rozměry jsou voleny tak, že po umístění tlakových nádrží nedochází k žádné kolizi, nádrže jsou umístěny výše než nejnižší bod podvozku a jejich umístění a upevnění splňuje předpis EHK 110.

Při volbě tlakových nádrží je důležité zohlednit hmotnost vozidla. Po jejich montáži dojde ke snížení užitečné hmotnosti, takže je nutné zvolit kompromis mezi dojezdem a užitečnou hmotností.

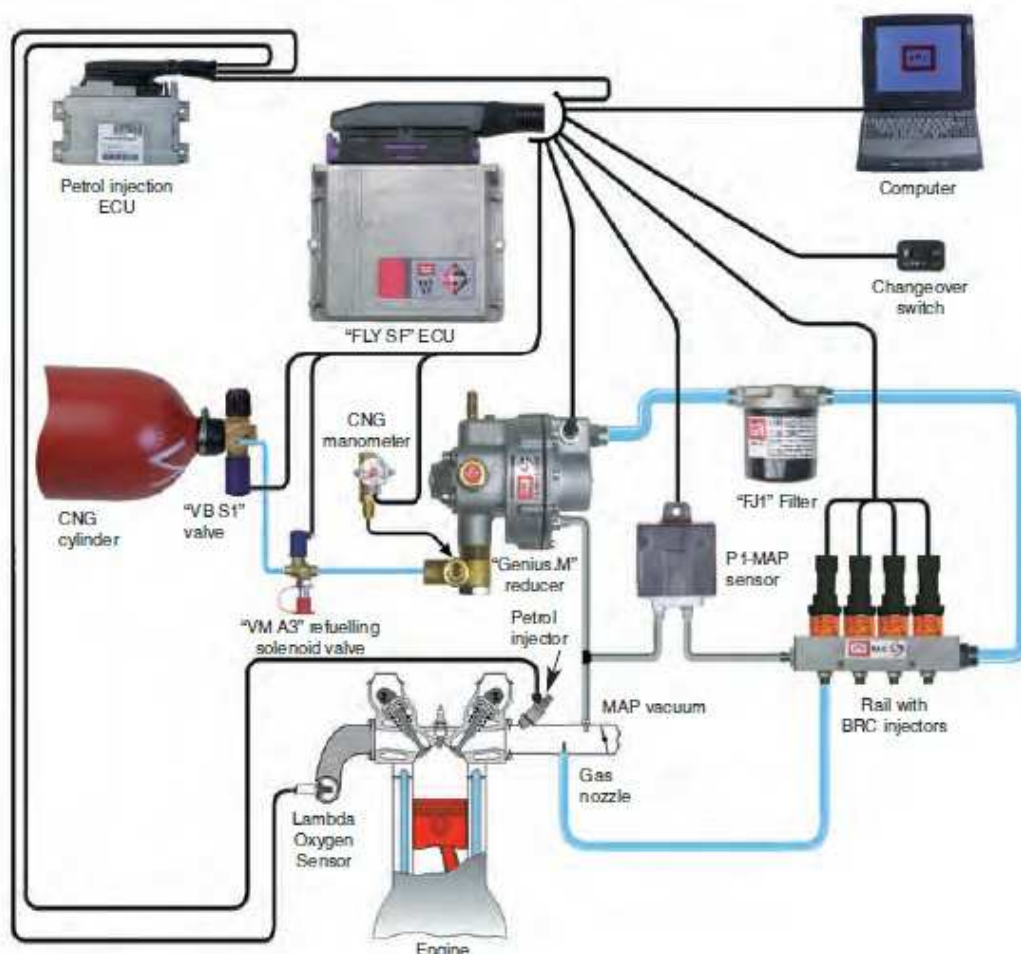




*Obr. 6.4 Zástavba tlakových nádrží CNG na podvozek vozidla [1]*

#### **6.4.2 Plynový palivový systém**

Plynový palivový systém jsem zvolil od firmy M. T. M. BRC Gas Equipment. Je to italská firma s dlouholetou tradicí, jež se zabývá výrobou CNG a LPG komponent pro automobilový průmysl a patří mezi jejich přední světové výrobce. Volím systém se sekvenčním vefukováním zemního plynu – BRC Sequent Fastness. Schematické uspořádání pro 4válcový motor je znázorněno na obrázku 6.5.



Obr. 6.5 Schematické uspořádání systému BRC Sequent Fastness [11]

Princip činnosti tohoto systému je popsán v kapitole 3.3.3. Přesto ho stručně zopakují. Poté, co natankujeme zemní plyn přes plnicí ventil do tlakových nádrží, plyn pokračuje přes regulační ventil, kde se jeho tlak sníží z 20 MPa na přibližně 0,6 MPa a dále potom do reduktoru, kde se jeho tlak sníží na hodnotu přibližně 0,2 MPa. Odtud plyn pokračuje přes filtr do railu, který tak zásobuje vefukovače v něm zabudované, určené jednotlivým válcům. Díky komunikaci s originální řídicí jednotkou a za pomoci barometrů a senzorů v různých místech systému dokáže plynová řídicí jednotka nastavit hodnoty doby otevření jednotlivých vefukovačů. Do plynové řídicí jednotky je možno vložit data, kterými se korigují hodnoty předstihu zážehu a doby otevření vstřikovacích ventilů stanovené benzinovou řídicí jednotkou. Korekce se ukládají do tabulky pro režimy chodu motoru dané otáčkami a tlakem vzduchu v sání za škrtkou klapkou.

Jednotlivé prvky zvoleného systému jsou vyobrazeny na obrázcích 6.6 až 6.13.



*Obr. 6.6 Regulační ventil [11]*



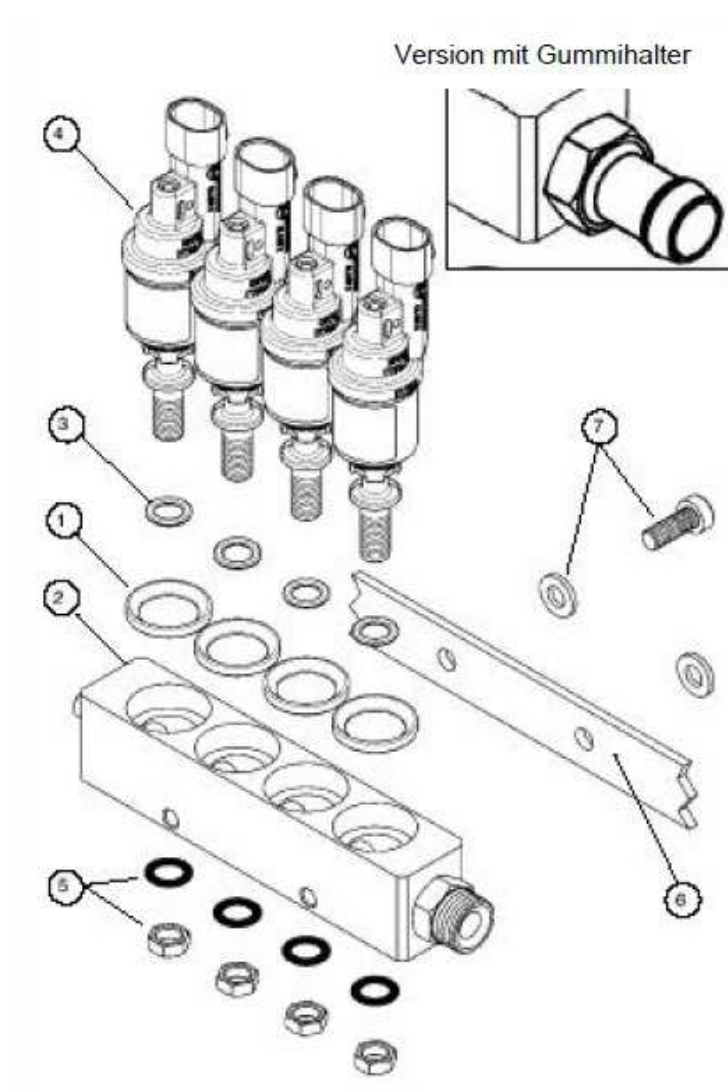
*Obr. 6.7 Reduktor [11]*



*Obr. 6.8 Filtr zemního plynu [11]*



Obr. 6.9 Rail s vefukovači [11]



Obr. 6.10 Rail v rozsyphu [11]



*Obr. 6.11 Hadice propojující vefukovač s tryskou v sání [11]*



*Obr. 6.12 Hlavní kabelový svazek [11]*



*Obr. 6.13 Vefukovače [11]*



## 6.5 Zástavba plynového palivového systému

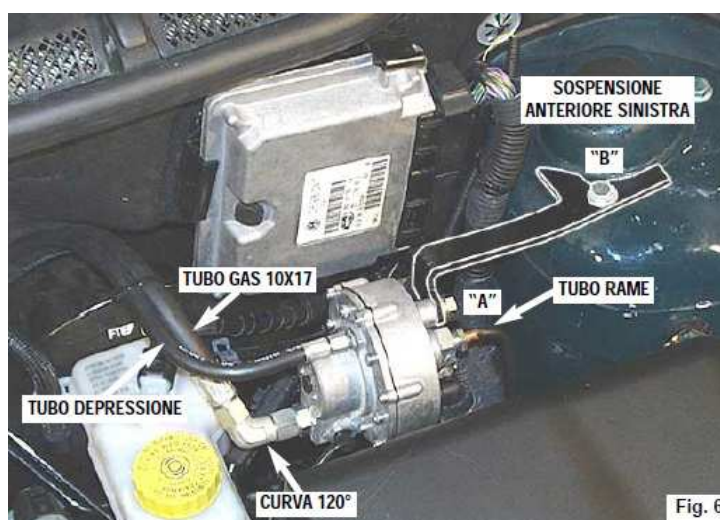
Zástavba je řešena tak, aby obsahovala prostor k zastavění jednotlivých prvků. Jelikož firma BRC Gas Equipment připravuje systémy přímo na dané modely automobilů, dodává v sadě i příslušné držáky pro jednotlivé komponenty.

Plnicí ventil bude umístěn poblíž tankovacího hrdla na benzin. Pojistné ventily jsou na jednotlivých nádržích. Regulační ventil bude umístěn do motorového prostoru, připevní se pomocí dodávaného držáku na šroub, připevňující pravou přední vzpěru McPherson. Montáž je znázorněna na obrázku 6.14.



Obr. 6.14 Upevnění regulačního ventilu [21]

Reduktor se připevní dodaným držákem na levé upevnění vzpěry McPherson, musíme dávat pozor na nadměrný úbytek vody při připojování přívodu a odvodu chladicí kapaliny na ohřev. Po montáži je nutné chladicí kapalinu doplnit. Montáž je znázorněna na obrázku 6.15.



Obr. 6.15 Upevnění reduktoru [21]

Filtr zemního plynu může být připevněn k motoru nebo karosérii, s libovolnou orientací, není vyhraněna žádná určitá poloha. Je však nutné brát ohled na to, že potrubí mezi filtrem a raiem nesmí být delší než 300 mm. Příklad montáže je na obrázku 6.16.



*Obr. 6.16 Montáž filtru zemního plynu [21]*

Upevnění railu se vefukovači lze provést k motoru, na orientaci opět nezáleží. Ideální je ho připevnit blízko hlavy válců a sání, protože vedení od vefukovačů k trysce v sání nesmí být delší než 150 mm.

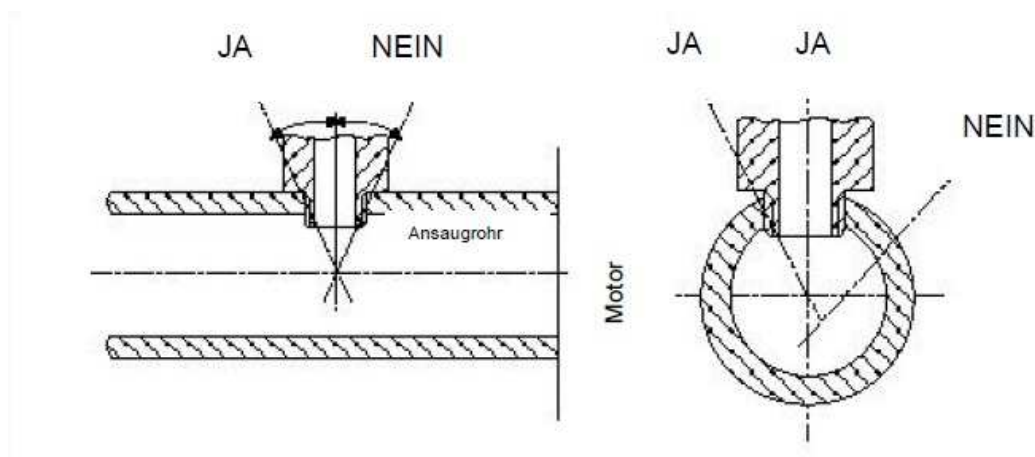


*Obr. 6.17 Montáž railu [21]*

Poté se k railu připojí hadice, které jsou na koncích opatřeny závitem. Je nutné dávat pozor a jejich stejnou délku.

Jednou z nejdůležitějších operací je instalace plynových trysek. Nejprve je nutné vybrat body na sacím potrubí, kde se následně vyvrtají díry a vyřežou závity.

Vzdálenost od hlavy válců se volí cca 29 mm a díra musí být vyvrtána tak, aby bylo možno trysku umístit dle obrázku 6.18.



Obr. 6.18 Ukázka správné montáže trysek [21]

Pro vrtání děr je použit vrták o průměru 5 mm a následně je vyřezán závit M6. Je důležité dbát na to, aby se do sacího potrubí nedostaly žádné třísky, proto se musí vrták i závitník často čistit a v konečné fázi dovrtávání či dořezávání závitu je nutné namazat špičku nástroje, aby se poslední třísky přilepily. Je přiložena i výkresová dokumentace upraveného sacího potrubí a samotné trysky. Rozměry sacího potrubí byly odměřeny z modelu v programu ProEngineer, který dodala firma Škoda Auto. Rozměry plynové trysky dodala firma Autogas Centrum.

Poté našroubujeme do hadice samotnou trysku. Ta je opatřena vnějším závitem M6, na který je před montáží do sacího potrubí důležité nanést lepidlo na závity. Názorná ukázka je na obrázku 6.19.



Obr. 6.19 Příprava trysky pro montáž do sacího potrubí [21]

Nakonec namontujeme plynovou řídicí jednotku. Tu můžeme umístit jak do prostoru pro cestující, tak do motorového prostoru. Zařízení nesmí být vystaveno



vysokému tlaku a teplotě. Řídící jednotka je vodotěsná, takže je možno ji instalovat do míst s výskytem stříkající vody. Příklad umístění je na obrázku 6.20.

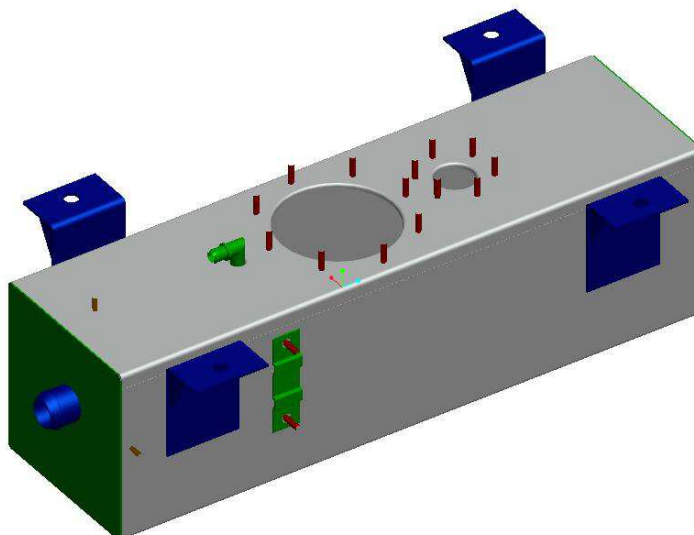


*Obr. 6.20 Ukázka umístění řídící jednotky [21]*

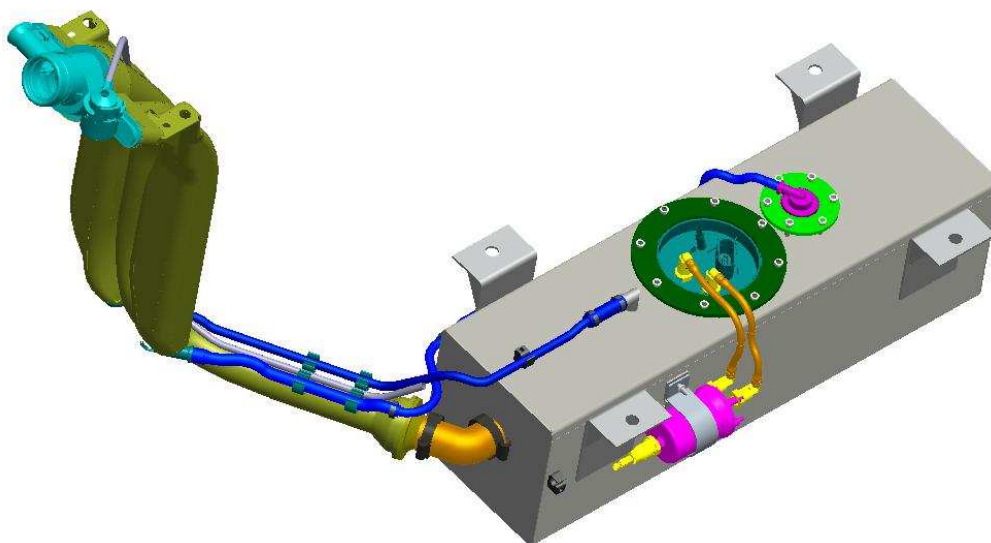
Detailním zapojením kabelových svazků a potrubí se v této práci nebudu zabývat.

## 6.6 Benzinové palivové komponenty

Rezervní benzinovou nádrž se všemi komponenty jsem převzal z diplomové práce č. KVM – DP – 594. Nádrž a uspořádání všech komponent je vyobrazeno na obrázcích 6.21 a 6.22.

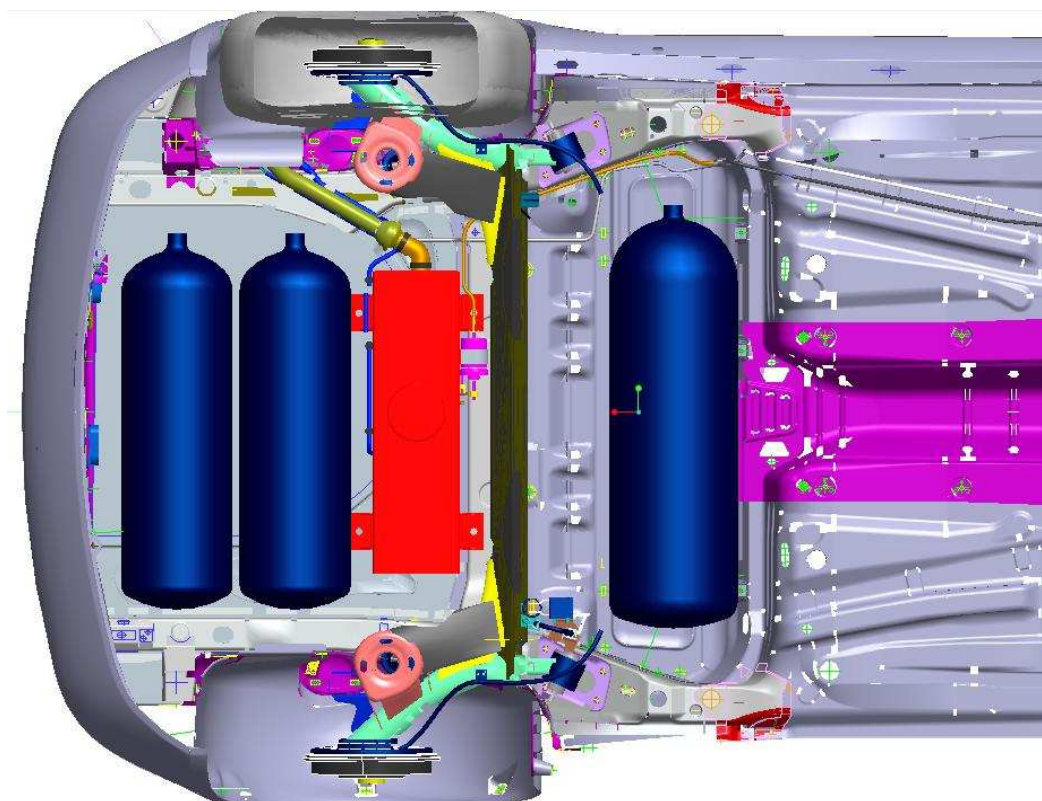


*Obr. 6.21 Rezervní benzinová nádrž [1]*



*Obr. 6.22 Kompletní benzinová nádrž + příslušenství [1]*

## **6.7 Zástavba palivové soustavy**



*Obr. 6.23 Model zástavby palivové soustavy [1]*

## 7 Očekávané provozní parametry

### 7.1 Hmotnostní parametry vozu

Hmotnostní parametry vozu Škoda Roomster jsou vzaty z jeho užitkové verze, která má vyšší maximální dovolené zatížení zadní nápravy oproti osobní verzi. Zadní nápravy v obou verzích vozidla jsou totožné. Hmotnostní parametry jsou uvedeny v tabulce 7.1.

Tab. 7.1 Hmotnostní parametry Škoda Roomster užitkové verze [5]

Celková hmotnost vozidla (CHV)	1775 kg
Zatížení zadní nápravy (ZN) při CHV	976 kg
Max. dovolené zatížení ZN	1000 kg
Pohotovostní hmotnost vozidla (PHV) +/- 5% hmotnosti	1155 kg
Zatížení ZN při PHV	483 kg
Užitečná hmotnost vozidla	620 kg

#### Parametry tlakových nádrží

Hmotnost nádrží:  $m_{TL} = 2 \cdot 32 + 46 = 110 \text{ kg}$ .

Objem nádrží:  $V_{NG} = 2 \cdot 25,8 + 41 = 92,6 \text{ l}$ .

Tlak v nádržích:  $p_{TL} = 20 \text{ MPa}$ .

Měrná hmotnost NG při 20°C:  $\rho_{NG/20} = 0,7 \text{ kg} / \text{m}^3$ .

Hmotnostní objem nádrží:  $m_{NG} = V_{NG} \cdot p_{TL} \cdot \rho_{NG/20} = 12,96 \text{ kg}$ .

#### 7.1.1 Přepočet hmotností na verzi CNG

Do přepočtu hmotností na verzi CNG musíme započítat nejen hmotnosti přidané, ale také hmotnosti odebrané, jejichž suma není rozhodně zanedbatelná.

##### Odebírané hmotnosti (-) :

- Rezervní kolo ..... 14,6 kg
- 55l benzinová nádrž s příslušenstvím .....  $\approx 20 \text{ kg}$
- 55l benzinu v nádrži ..... 36,9 kg
- Části výfuku, držáky, změny podlahy .....  $\approx 15 \text{ kg}$

$$\Sigma = 14,6 + 20 + 36,9 + 15 = \underline{\underline{\approx 90 \text{ kg}}}$$

**Přidávané hmotnosti (+) :**

- Tlakové nádrže ..... 100 kg
- Zemní plyn v nádržích .....  $\approx 13$  kg
- 15l benzinová nádrž s příslušenstvím .....  $\approx 20$  kg
- Benzin v nádrži ..... 10,8 kg
- Plynové palivové příslušenství, držáky, úchyty, sada na opravu pneumatik .....  $\approx 25$  kg

$$\Sigma = 100 + 13 + 20 + 10,8 + 25 = \approx \underline{179 \text{ kg}}$$

$$\text{Rozdíl hmotností: } 179 - 90 = \underline{89 \text{ kg}}$$

$$\text{Pohotovostní hmotnost CNG verze vozu Roomster : } 1155 + 89 = \underline{1244 \text{ kg}}$$

Užitečná hmotnost CNG vozidla při zachování celkové hmotnosti pak bude  $1775 - 1244 = 531$  kg. Dojde ke snížení užitečné hmotnosti z 620 kg na 531 kg. Také musíme brát v úvahu, že maximální nosnost zadní nápravy je 1000 kg. Oproti benzinové verzi, která má na zadní nápravě 976 kg, tedy může dojít k navýšení o 24 kg. Přesné rozpočítání hmotností na nápravy není možné hlavně vzhledem k odhadům některých hmotností a nové konstrukci výfukové soustavy.

## 7.2 Výkonové parametry vozu

Maximální výkon motoru na benzin:  $P_{m/benz} = 47 \text{ kW}$ .

Atmosférické plynové motory s vnější tvorbou směsi mají proti původním benzinovým motorům menší hodnotu středního efektivního tlaku  $p_e$  pracovního oběhu. To je dáno větším objemem dávky plynného paliva na pracovní oběh. Poměrnou změnu hodnoty  $p_e$  v režimu 100% zatížení po přestavbě benzinového motoru (pro  $\lambda = 1$ ) na plynový ukazuje zjednodušený vztah, odvozený za předpokladu stejných hodnot plnicích účinností i celkových účinností obou motorů:

$$\frac{p_{e/NG}}{p_{e/benz}} = \frac{(A_{T/benz} \cdot r_{air} + r_{benz}) \cdot H_{L/NG} \cdot T_{DÚ/benz}}{(A_{T/NG} \cdot r_{air} + r_{NG}) \cdot H_{L/benz} \cdot T_{DÚ/NG}}$$

Teoretická spotřeba vzduchu je pro benzin  $A_{T/benz} = 14,5 \text{ kg}_{vzd} / \text{kg}_{pal}$  a pro zemní plyn  $A_{T/NG} = 17 \text{ kg}_{vzd} / \text{kg}_{pal}$ . Měrná plynová konstanta  $r$  je pro vzduch  $r_{air} = 287 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$ , pro NG je  $r_{NG} = 518 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$ . Přehřáté páry benzínu mají plynovou konstantu  $r_{benz} = 76 \text{ J} / (\text{kg} \cdot \text{K})$ . Dolní výhřevnost paliva  $H_L$  je pro benzin  $H_{L/benz} = 42,7 \text{ MJ} / \text{kg}$  a pro zemní plyn je  $H_{L/NG} = 49,5 \text{ MJ} / \text{kg}$ . Teplota náplně válce na konci plnění  $T_{DÚ}$ : teplota v benzinovém motoru  $T_{DÚ/benz}$  bude proti teplotě

v plynových motorech  $T_{DÚ/NG}$  o 10 až 15°C nižší v důsledku odpařování benzínu v nasávaném vzduchu (odhad:  $T_{DÚ/benz} \approx 325 K$ ,  $T_{DÚ/NG} \approx 340 K$ ).

Výpočet s využitím uvedených hodnot dává poměrné snížení výkonu při náhradě benzínu zemním plynem přiváděným v plynném stavu do nasávaného vzduchu:

$$\frac{P_{e/NG}}{P_{e/benz}} \approx 0,87.$$

Z tohoto výpočtu tedy plyne, že přechodem z paliva benzin na zemní plyn lze očekávat snížení výkonu motoru zhruba na 87 % výkonu motoru na benzin. Tedy výkon motoru na NG:  $P_{m/NG} = 0,87 \cdot P_{m/benz} = 0,87 \cdot 47 \approx 41 kW$ .

### 7.3 Spotřeba paliva a dojezd

Spotřebu automobilu při pohonu na zemní plyn lze určit poměrem spotřeby plyn/benzin z obdobných verzí vozidel v analýze trhu. Z toho vznikne odhad spotřeby pro Roomster. Spotřebu lze spočítat i pomocí výhřevnosti paliva, ale vypočtená hodnota by příliš neodpovídala skutečnosti, musíme brát v úvahu pokles výkonu při NG pohonu, změnu hmotnosti a další vlivy. Proto volím výpočet z poměru spotřeby obdobných konkurenčních vozidel.

$$\text{Poměr spotřeby } \alpha = \frac{\sum \left( \frac{L_{NG}}{L_{benz}} \right)}{n_{vozidel}} \approx 0,72.$$

Kombinovaná spotřeba při benzinovém pohonu:  $L_{benz} = 6,6 l / 100 km$ .

$$L_{NG} = L_{benz} \cdot \alpha = 6,6 \cdot 0,72 \approx 4,75 kg / 100 km.$$

Vypočtená spotřeba při NG pohonu Roomster:  $L_{NG} = 4,75 kg / 100 km$ .

#### **Dojezd automobilu při benzinovém pohonu:**

Kombinovaná spotřeba benzínu pro motor 1,2 l / 47 kW je:  $L_{benz} = 6,6 l / 100 km$ .

Objem benzinové palivové nádrže:  $V_{benz} = 15 l$  z toho lze využít přibližně  $V_{benz} = 14,5 l$ .

$$\text{Dojezd automobilu na benzin: } S_{benz} = \frac{V_{benz}}{L_{benz}} \cdot 100 \approx 227 km.$$

#### **Dojezd automobilu při CNG pohonu:**

Spotřeba NG:  $L_{NG} = 4,75 kg / 100 km$ .

Objem nádrží na NG:  $V_{NG} = 92,6 l$ .

Měrná hmotnost NG při 20°C:  $\rho_{NG/20} = 0,7 \text{ kg} / \text{m}^3$ .

Tlak v nádržích:  $p_{TL} = 20 \text{ MPa}$  (z toho lze využít přibližně  $p_{TLv} \cong 19,5 \text{ MPa}$ ).

Využitelný hmotnostní objem tlakových lahví:  $m_{NG} = V_{NG} \cdot p_{TLv} \cdot \rho_{NG/20} \cong 12,64 \text{ kg}$ .

Dojezd automobilu na NG:  $S_{NG} = \frac{m_{NG}}{L_{NG}} \cdot 100 \cong 266 \text{ km}$ .

**Celkový dojezd automobilu na oba pohony:**

$$S_{celk} = S_{benz} + S_{NG} = 227 + 266 = 493 \text{ km}.$$

## 7.4 Očekávané parametry vozu Škoda Roomster

Očekávané parametry automobilu Škoda Roomster CNG jsou shrnuty v tabulce 7.2. Parametry přibližně odpovídají parametrům monovalentních CNG vozidel, již dostupných na trhu.

*Tab. 7.2 Přehled očekávaných parametrů*

	<b>Provoz CNG</b>	<b>Provoz benzin</b>
Výkon motoru	41 kW	47 kW
Obsah nádrže	12,64 kg	15 l
Komb. spotřeba na 100 km	4,75 kg	6,6 l
Dojezd	266 km	227 km
Užitečné zatížení	531 kg	

## 8 Závěr

V úvodní části této bakalářské práce se zabývám základními vlastnostmi zemního plynu a jeho využitím jako motorové palivo. Dále se tato práce zaměřuje na přestavbu vozidel na pohon CNG, vysvětluje rozdíly mezi monovalentní a bivalentní koncepcí pohonu a zabývá se jejich výhodami a nevýhodami. Následně obsahuje přehled sériově vyráběných CNG automobilů v evropských automobilkách. Shrnutím těchto kapitol lze říci, že zemní plyn je perspektivní palivo a do budoucna můžeme zcela jistě očekávat nárůst jeho zastoupení mezi motorovými palivy. Již dnes za něj existuje plnohodnotná náhrada ve formě očištěného bioplynu.

V projektu přestavby se zabývám přestavbou vozu Škoda Roomster. Po vyhodnocení všech hledisek jsem zvolil jako výhodnější monovalentní koncepci pohonu. Řeším podrobně zvýšení kompresního poměru a úpravu pístů motoru. Dále se zabývám zástavbou tlakových nádrží a rezervní benzinové nádrže. Následně volím vhodný palivový systém od firmy M. T. M. BRC Gas Equipment a jeho vhodnou zástavbu. Nakonec se zabývám výpočtem provozních a výkonových parametrů vozidla.

Z výpočtů je zřejmé, že Škoda Roomster má dojezd 493 km a užitečnou hmotnost 531 kg. Tyto hodnoty odpovídají hodnotám konkurenčních monovalentních vozidel. Lze tedy předpokládat, že automobil by byl plně konkurenceschopný.

Tato práce se týká široké oblasti a nelze v rámci této práce podrobně vyřešit problematiku všech oblastí přestavby na CNG. Proto do některých oblastí zasahuji jen okrajově.

## Literatura

- [1] KUČERA, T.: Palivová soustava pro pohon vozu Škoda Roomster CNG. Diplomová práce, KVM – DP – 594, TU v Liberci, 2009.
- [2] Předpis EHK 110, TŮV SŮD Auto CZ, Praha.
- [3] VLK, F.: Alternativní pohony motorových vozidel, Brno 2004.
- [4] LAURIN, J.: Motory Škoda Auto 1.2 HTP na zemní plyn. Studie, TU v Liberci, 2006.
- [5] ŠKODA AUTO a.s.: Interní výkresová a jiná dokumentace.
- [6] MATĚJOVSKÝ, V.: Automobilová paliva, Praha 2004.

### Informační materiály z webových stránek:

- [7] Informace o automobilech na zemní plyn, [www.cng.cz](http://www.cng.cz)
- [8] Informace o automobilech na zemní plyn, [www.eurocng.cz](http://www.eurocng.cz)
- [9] Informace o automobilech na zemní plyn, [www.cngplus.cz](http://www.cngplus.cz)
- [10] Informace o bioplynu, <http://biocng.us/>
- [11] Systémy CNG, M. T. M. BRC Gas Equipment, <http://www.brc.it/>.
- [12] Tlakové lahve, Vítkovice Cylinders, <http://www.vitkovicecylinders.cz/>.
- [13] Škoda Auto a. s., <http://www.skoda-auto.com/cze>.
- [14] Citroën, <http://www.citroen.cz>.
- [15] Fiat, <http://www.fiat.cz>.
- [16] Ford, <http://www.ford.de>.
- [17] Opel, <http://www.opel.cz>
- [18] Volkswagen, <http://www.volkswagen.cz>.
- [19] Informace o automobilech na zemní plyn, <http://www.gas24.de>.
- [20] Informace o automobilech na zemní plyn, <http://www.cngnow.com>
- [21] Informace o CNG systémech, [www.avo-gas.de](http://www.avo-gas.de).